



MX0700166

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
GERENCIA DE SISTEMAS NUCLEARES
DEPARTAMENTO DE FISICA DE REACTORES

ADMINISTRACION DE COMBUSTIBLE DENTRO
DEL REACTOR.

IT/SN.DFR-062

APLICACION DE LA METODOLOGIA DE SCANDPOWER PARA EL
DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA
POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV.

6F3/II/CN019/89/R1

JOSE LUIS MONTES TADEO
RAUL PERUSQUIA DEL CUETO

MAYO DE 1992.

:

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD PIV-3

PORTADA DE CALCULO

NEXO 9.1

DISCIPLINA Depto. de Gestión de Combustible EXTENSION 2030318

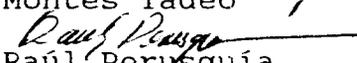
PROYECTO Administración de combustible dentro del reactor

ASUNTO Actividad 9. Optimización de quemado con patrón de barras C1.

CALCULO NO 6F3/II/CN019/P1/1989 NUMERO DE HOJAS 94

PROBLEMA

Aplicar la metodología de Scand Power para el proceso de la búsqueda de patrones de barras de control a plena potencia en el primer ciclo de operación de la CNLV.


 José Luis
 Montes Tadeo

 Raúl Perusquia
 del Cueto

10/III/92


 C. Jones A

10/VI/92


 Luciano
 Sanchez H

12/VI/92

0	1/94						
REV. NO	HOJA	Nombre	Fecha	Nombre	Fecha	Nombre	Fecha
	No.	Calculado por:		Verificado por:		Aprobado por:	

PRELIMINAR

FINAL

REEMPLAZA AL CALCULO N°

TITULO: APLICACION DE LA METODOLOGIA DE SCAND POWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	6F3/II/CN019/89/R1
	CFE(DGC)/IIE/ININ
	Fecha: 10 MARZO 92
AUTORES: José Luis Montes Tadeo Raúl Perusquía del Cueto	ACTIVIDAD No. 9/E.

CONTENIDO.

CONTENIDO.	2
LISTA DE GRAFICAS	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	4
1.0 INTRODUCCION.	5
2.0 OBJETIVO.	6
3.0 ANTECEDENTES.	6
3.1.1 DEFINICION DE TERMINOS.	8
3.1.2 RESPUESTA DEL NUCLEO AL MOVIMIENTO DE LAS BARRAS DE CONTROL	10
3.1.2.1 RESPUESTA DEL NUCLEO A LA EXTRACCION DE UNA BARRA DE CONTROL PROFUNDA	10
3.1.2.2 RESPUESTA DEL NUCLEO A LA EXTRACCION DE UNA BARRA DE CONTROL POCO PROFUNDA	10
3.1.2.3 RESPUESTA DEL NUCLEO A LA EXTRACCION DE UNA BARRA DE CONTROL INTERMEDIA	11
3.2 PARAMETROS OBJETIVO DE DISEÑO DE LOS PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA	12
3.2.1 REACTIVIDAD OBJETIVO.	12
3.2.2 MARGENES TERMICOS OBJETIVO.	13
3.2.2.1 Razón de Generación Lineal de Calor (LHGR).	13
3.2.2.2 Mínima Razón de Potencia Crítica (MCPR).	14
3.2.3. FORMA DE LA DISTRIBUCION AXIAL OBJETIVO.	14
3.3 DESCRIPCION DE LA OBTENCION DE LOS LIMITES TERMICOS DE LA RAZON DE GENERACION LINEAL DE CALOR (MLHGR), LA RAZON DE FLUJO DE CALOR CRITICO (MCHFR), RAZON DE POTENCIA CRITICA MINIMA (MCPR) Y CALCULO DE EIGENVALORES OBJETIVO PARA PRESTO.	15
3.3.1 Desviación (BIAS) del límite térmico LHGR.	15
3.3.2 Desviación (BIAS) del límite térmico MCHFR.	16
3.3.3 Elección de los eigenvalores críticos objetivo.	17
4.0 METODOLOGIA.	21
4.1 PROCEDIMIENTO USADO EN LA INVESTIGACION DE LOS PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA	21
4.1.8 RESUMEN.	28

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IIIE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 3 DE 94

5.0	RESULTADOS	30
6.0	CONCLUSIONES.	56
7.0	REFERENCIAS.	57
8.0	ANEXOS	58
	ANEXO A: ARCHIVO DE DATOS DE ENTRADA	58
	ANEXO B. ARCHIVO DE COMANDOS Y PROGRAMA DE EDICION DE LAS SALIDAS DE PRESTO	80
	ANEXO C. DATOS DE LA DISTRIBUCION DE DENSIDAD DE POTENCIA RELATIVA AXIAL Y DE LA DENSIDAD DE BARRA DE CONTROL (DBC) POR INTERVALO DE QUEMADO	82

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1	Keff vs quemado (MWD/MT).	32
Gráfica 2	Densidad de barra de control (DBC) en función del quemado promedio del núcleo	33
Graf. 3	Principio del paso de quemado de 0-200 MWD/MT.	34
Graf. 4	Fin del paso de quemado de 0-200 MWD/MT.	34
Graf. 5	Principio del paso de quemado de 200-1000 MWD/MT.	36
Graf. 6	Fin del paso de quemado de 200-1000 MWD/MT.	36
Graf. 7	Principio del paso de quemado de 1000-2000 MWD/MT.	38
Graf. 8	Fin del paso de quemado de 1000-2000 MWD/MT.	38
Graf. 9	Principio del paso de quemado de 2000-3000 MWD/MT.	40
Graf. 10	Fin del paso de quemado de 2000-3000 MWD/MT.	40
Graf. 11	Principio del paso de quemado de 3000-4000 MWD/MT.	42
Graf. 12	Fin del paso de quemado de 3000-4000 MWD/MT.	42
Graf. 13	Principio del paso de quemado de 4000-5000 MWD/MT.	44
Graf. 14	Fin del paso de quemado de 4000-5000 MWD/MT.	44
Graf. 15	Principio del paso de quemado de 5000-6000 MWD/MT.	46
Graf. 16	Fin del paso de quemado de 5000-6000 MWD/MT.	46
Graf. 17	Principio del paso de quemado de 6000-7000 MWD/MT.	48
Graf. 18	Fin del paso de quemado de 6000-7000 MWD/MT.	48
Graf. 19	Principio del paso de quemado de 7000-8000 MWD/MT.	50
Graf. 20	Fin del paso de quemado de 7000-8000 MWD/MT.	50
Graf. 21	Principio del paso de quemado de 8000-9000 MWD/MT.	52
Graf. 22	Fin del paso de quemado de 8000-9000 MWD/MT.	52
Graf. 23	Principio del paso de quemado de 9000-9145 MWD/MT.	54
Graf. 24	Fin del paso de quemado de 9000-9145 MWD/MT.	54

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 4 DE 94

LISTA DE TABLAS

TABLA 5.1	RESULTADOS OBTENIDOS CON EL CÓDIGO PRESTO EN LA ULTIMA ITERACION	30
TABLA 5.2	VALORES DE KEFF CALCULADOS CON PRESTO Y COMPARACION CON DATOS TEORICOS	31

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1	Patrón de barras de control blanco y negro del reactor de la CNLV U1.	19
FIG. 2	Secuencias de barras de control del reactor de la CNLV U-1.	20
FIG. 3	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 0-200 MWD/ST	35
FIG. 4	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 200-1000 MWD/ST	37
FIG. 5	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 1000-2000 MWD/ST	39
FIG. 6	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 2000-3000 MWD/ST	41
FIG. 7	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 3000-4000 MWD/ST	43
FIG. 8	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 4000-5000 MWD/ST	45
FIG. 9	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 5000-6000 MWD/ST	47
FIG. 10	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 6000-7000 MWD/ST	49
FIG. 11	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 7000-8000 MWD/ST	51
FIG. 12	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 8000-9000 MWD/ST	53
FIG. 13	Patrón de barras de control objetivo para el intervalo 9000-9145 MWD/ST	55

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 5 DE 94

1.0 INTRODUCCION.

El diseño de patrón de barras de control a plena potencia a través de un ciclo de un reactor BWR empleando simuladores de 3 dimensiones reviste gran importancia, puesto que permite analizar el desempeño de una configuración de núcleo propuesto contemplando aspectos de seguridad y económicos.

Los límites térmicos del combustible pueden ser visualizados por medio de la búsqueda de patrones de barras de control a plena potencia; por lo tanto, el diseño de los patrones de barras de control permite el análisis de seguridad presente en el diseño de cada uno de los ciclos de la planta.

El diseño o desarrollo de los patrones de barras de control depende de la configuración geométrica en el núcleo de la carga de combustible, el grado de complejidad aumenta cuando se tiene un ciclo que contiene un núcleo mixto de ensambles con diferencias notables en quemado y reactividad. Dependiendo del criterio de diseño del núcleo del reactor (recarga de combustible) se puede usar un número mayor o menor de barras de control con el propósito de operar a plena potencia a través del ciclo de la planta. Por ejemplo para un reactor que tiene un núcleo para ser operado mediante celdas de control (CCC- Control Cell Core)[5] se utilizan solamente 1/4 aproximadamente del total de las barras de control, mientras que para un núcleo cargado en forma convencional o un núcleo totalmente fresco, se usan en principio el total de las barras de control para operar a través del ciclo. En general se tendrá un mayor grado de sencillez en el desarrollo de barras de control y la operación real de la planta para núcleos CCC que para núcleos convencionales.

La condición inicial básica en el proceso para la obtención de los patrones de barras de control (PBC) es alcanzar la longitud del ciclo de operación del reactor partiendo desde una situación con todas las barras de control totalmente insertadas (ARI- All Rods In), inicio del ciclo, hasta una situación con todas las barras de control totalmente extraídas (ARO- All Rods Out), fin de ciclo. Dentro del intervalo formado por estos puntos inicio y fin del ciclo existen básicamente tres etapas de movimiento de barras de control para poner en marcha el reactor, las cuales son:

- 1a).- Patrón de barras de control "blanco y negro", con una densidad de barra de control (CRD) de 0.5 y con un valor aproximado de potencia de 1% de su valor nominal.
- 2a).- Operación del reactor hasta aproximadamente 20 % de potencia de su valor nominal.
- 3a).- Operación a potencia, del orden 70 % de su valor nominal.

La etapa más importante para la operación a plena potencia, es la tercera y es la etapa que se aborda en el presente reporte.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 6 DE 94

2.0 OBJETIVO.

Mediante la metodología proporcionada por Scandpower diseñar un grupo de patrones de barras de control a plena potencia para la operación del primer ciclo de operación del reactor Unidad 1 de Laguna Verde.

3.0 ANTECEDENTES.

Los patrones de barras de control (PBC) son normalmente divididos en cuatro secuencias designadas como A1, A2, B1 y B2 (véase figura 2). Las barras diagonalmente adyacentes están alternadas entre profundas y poco profundas en estos patrones. Para alcanzar una distribución uniforme del quemado de los ensambles combustibles, las secuencias son intercambiadas periódicamente (normalmente cada 1000 mwd/st). Los criterios de seguridad, simplicidad y eficiencia pueden ser mejor satisfechos por un patrón de barras simétrico uniformemente dispersado. Un patrón de barras de control simétrico uniformemente dispersado no solamente proporciona una distribución uniforme de quemado y potencia, sino que también minimiza los incrementos de reactividad por muesca (notch) extraído de las barras de control, reduce los picos de potencia locales, asegura respuestas más confiables en la instrumentación y permite el desarrollo de una secuencia de extracción simple.

Un resumen basado en la experiencia a la fecha, de los puntos de interés que deben tomarse en cuenta en el desarrollo de un buen PBC considerando las reglas generales de extracción de barras desde el patrón blanco y negro se da a continuación. El orden de los siguientes puntos corresponde a aquel usado en el desarrollo de un esquema de grupos de barras de control y a los pasos de extracción prescritos para una secuencia dada [2].

- a).- Una buena secuencia debe; minimizar el valor de barra, alcanzar la forma de la potencia axial objetivo y permitir márgenes de seguridad para garantizar el cumplimiento de los límites de flujo de calor y MCPR.
- b).- Una buena secuencia debe proporcionar respuestas uniformes en los sistemas de detección neutrónica TIP Y LPRM, evitándose los picos locales de potencia.
- c).- La secuencia de extracción de barras deberá ser fácil de seguir en pasos por el operador. La secuencia de extracción debe tomar lugar dentro de una progresión natural del número de barra. La secuencia debe tener un patrón de manejo lógico.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 7 DE 94

- d).- La extracción de barras no debe causar "scrams" por el sistema IRM o por grandes picos locales. Los patrones de barras deben ser seguros en su uso.
- e).- Los patrones y secuencias de barras deben alcanzar plena potencia dentro de los límites y especificaciones técnicas.
- f).- La distribución de potencia deberá ser tipo Haling, pronunciada en la base del núcleo o dentro de la estrategia del manejo del núcleo.
- g).- La extracción de barras y los patrones deberán ser desarrollados en forma tal que el núcleo esté dentro de los límites de pico. Esto significa dedicar la justa atención a los factores de pico de diseño dados axial y radialmente así como a los límites de pico total y/o a los puntos de disparo del sistema APRM.
- h).- Los patrones de barras y secuencias deberán ser suficientemente flexibles para formar la distribución de flujo requerida. Las barras profundas y poco profundas deberán estar disponibles en la secuencia. Las barras profundas (barras de potencia) deben ser usadas cuando la potencia esté cerca del 75 % o antes para limitar el pico de potencia promedio, mientras tales barras tengan un efecto pequeño sobre los valores absolutos de los picos de potencia localizados en la base pero con el propósito de incrementar la potencia promedio del núcleo. Esto significa que es deseable alternar extracciones entre barras profundas y barras poco profundas entre el 75 y 100 % de las líneas de carga para limitar los picos.
- i).- Los patrones de barras deberán ser siempre simétricos. Esto proporcionará al operador respuestas más uniformes de la instrumentación y una evaluación más simple del núcleo por la computadora de proceso.
- j).- La secuencia deberá de considerar el error de operador (ie. altos valores de barra < 10 % potencia y alta potencia de barra > 10 %). Los sistemas de monitoreo usualmente supervisan la secuencia entera desde todas las barras dentro hasta alrededor del 20 a 30 % de potencia.
- k).- La secuencia podrá ser modificada por el ingeniero nuclear si el pico de flujo de calor es alto cuando la salida del núcleo se aproxima a su valor nominal. Las barras profundas y poco profundas deberán ser colocadas de forma tal que el pico del flujo de calor y los valores MCPR estén dentro de los límites en todo momento. Los picos de potencia deberán ser controlados por la inserción de barras de la secuencia vigente (primarias) donde sea posible. Las barras de la secuencia de la misma letra (A1 y A2 o B1 y B2) pero no de la secuencia vigente (secundarias) deberán dejarse en la posición 48 a menos que los picos no puedan controlarse de alguna otra manera.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IIIE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 8 DE 94

- 1).- Contrario a la definición, algunas barras pueden permanecer en posición fija (cerca de la periferia del núcleo); aquellas clasificadas como profundas en el patrón maestro pueden ser intermedias o poco profundas. Por esta razón es conveniente distinguir entre barras primarias y secundarias, con lo que se evita también la confusión cuando una barra profunda está en una posición poco profunda o intermedia.

3.1.1 DEFINICION DE TERMINOS.[2]

Densidad de barra de control (CRD).

Es el número total de muescas (notches) de las barras de control insertadas en el núcleo dividido por el número total de muescas cuando todas las barras de control están totalmente insertadas.

Barra de control profunda o de potencia.

Esta es una barra dentro de la secuencia de barras de control insertada a una gran altura dentro del núcleo. Un rango normal va desde la posición 00 hasta aproximadamente la posición 16 ó 18. Desde el punto de vista operacional a las barras profundas se les denomina barras de potencia, ya que de los efectos opuestos sobre la distribución de potencia debidos a las fracciones de vacío, el efecto de la extracción parcial de las barras profundas es principalmente el control del nivel de potencia.

Barra de control poco profunda o somera.

Es una barra dentro de una secuencia de barras de control insertada solamente una corta distancia dentro del núcleo (posiciones 30 ó 32 hasta 48, totalmente extraída). Las barras de control poco profundas, son a menudo referidas como barras modeladoras (de la forma de la potencia axial) pues su efecto predominante es el control de la forma de la potencia axial.

Barra de control intermedia

Es una barra cuya posición está entre profunda y poco profunda (16 ó 18 a 30 ó 32). Las barras de control intermedias tienen efectos pequeños tanto en el nivel de potencia como en la forma axial.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 9 DE 94

Patrón blanco y negro de barras de control.

Es el patrón que tiene 50% de CRD con filas diagonales alternadamente de barras de control totalmente insertadas y totalmente extraídas.

Secuencia A.

Es la secuencia de barras de control en la cual la barra central resulta totalmente insertada en el patrón blanco y negro.

Secuencia B.

Es la secuencia de barras de control en la cual la barra central termina totalmente extraída en la patrón blanco y negro.

Secuencia A-1.

Se define como una secuencia tipo A en la cual la barra central es destinada a una posición poco profunda o totalmente extraída a plena potencia.

Secuencia A-2.

Se define como una secuencia tipo A en la cual la barra central está destinada a una posición profunda a plena potencia. La definición falla durante el ciclo de operación cuando la barra de control del centro puede ser extraída a una posición poco profunda (o totalmente extraída) para compensación del quemado del combustible en el núcleo del reactor.

Secuencia B-1

Es una secuencia B en la cual la barra de control justamente al norte de la barra central está destinada a una posición profunda a plena potencia. Esta definición es válida sólo al principio de la extracción de las secuencias pues puede fallar cuando el reactor opera a plena potencia, esto es, puede pasar a una posición poco profunda o totalmente extraída.

Secuencia B-2

Es una secuencia de tipo B en la cual la barra justamente al norte de la barra central está destinada a una posición poco profunda a plena potencia. La restricción de la definición de la secuencia B-1 se aplica también aquí.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IIE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 10 DE 94

3.1.2 RESPUESTA DEL NUCLEO AL MOVIMIENTO DE LAS BARRAS DE CONTROL.[2]

Entre la condición de todas las barras dentro (ARI) y el 50 % de CRD la potencia del reactor es muy baja ($< 1\%$ o de este orden) y los efectos de la posición de las barras de control sobre la distribución de potencia del núcleo son de influencia muy pequeña. Sin embargo, más allá de esta condición, los picos de potencia y límites térmicos vienen siendo de interés y los efectos de extracción de las barras profundas, intermedias y poco profundas deben ser entendidos para alcanzar la distribución de potencia deseable.

3.1.2.1 RESPUESTA DEL NUCLEO A LA EXTRACCION DE UNA BARRA DE CONTROL PROFUNDA.

La respuesta del núcleo a la extracción de una barra de control profunda (desde una posición profunda a otra posición profunda) es elevar la potencia del núcleo en el nivel superior de éste, especialmente en las regiones en donde la barra ha sido extraída. Mientras el contenido de vacíos de la parte más alta del núcleo es elevado en condiciones de operación, los efectos de la extracción de una barra profunda, a pesar de que son axialmente amortiguados serán substancialmente en la dirección radial.

3.1.2.2 RESPUESTA DEL NUCLEO A LA EXTRACCION DE UNA BARRA DE CONTROL POCO PROFUNDA.

El efecto general debido a la extracción de una barra de control es elevar la potencia locamente en la región donde la barra de control es extraída. En la extracción de una barra poco profunda es exactamente el mismo, la potencia se incrementa donde la barra es extraída. Sin embargo, la respuesta global del núcleo al movimiento de una barra poco profunda es en cierta medida diferente. Debido al bajo contenido de vacíos y la alta densidad de barra de control (global) en la base del núcleo, la respuesta radial del núcleo a una barra poco profunda es algo más limitada que para una barra profunda. Los efectos no son transmitidos en la dirección radial de una manera notable.

;

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 11 DE 94

Sin embargo, el incremento local de la potencia en la base del núcleo desplazaría la frontera de ebullición hacia abajo incrementando el contenido de vacíos anterior a la extracción de la barra de control, y uno de los efectos más importantes de las fracciones de vacíos es reducir la potencia, el combustible no experimentaría un incremento significativo en la potencia. De hecho, los efectos negativos de los vacíos pueden ser más grandes que los efectos positivos de la barra y la potencia puede decrecer. Este es el efecto contrario del de una barra de potencia.

Una barra de control poco profunda afecta fuertemente a la forma axial de la potencia y no sobre la potencia de todo el núcleo, por esta razón se le da el nombre de barra formadora (modeladora).

3.1.2.3 RESPUESTA DEL NUCLEO A LA EXTRACCION DE UNA BARRA DE CONTROL INTERMEDIA.

La respuesta del núcleo al movimiento de una barra intermedia es una mezcla de los efectos tanto de la forma como del nivel de potencia.

En la puesta en operación a plena potencia de un reactor BWR se considera el movimiento de las barras de control en tres fases mediante el desempeño de las siguientes secuencias y sistemas: Secuencia Minimizada del Valor de Barra (RWMS), Sistema de Control de la Secuencia de Barras (RSCS) y Secuencia de extracción de Posición Banqueada (BPWS).

Las fases consisten básicamente de lo siguiente:

- 1a).- Extracción de la primera mitad de las barras de control alcanzándose el patrón objetivo y negro o patrón de media densidad.
- 2a).- Extracción de barras en secuencia hasta el 20 % de la potencia nominal.
- 3a).- Extracción de barras en secuencia desde 20 % de potencia hasta los patrones de barras a plena potencia objetivo.

Las partes segunda y tercera, son usualmente más importantes para la operación puesto que las extracciones de estas barras son usadas para incrementar la potencia desde cerca de cero (alrededor de 1 %) a cerca de la condición nominal. En este trabajo el objetivo principal es la generación de los patrones de barras de control a plena potencia objetivo.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 12 DE 94

3.2 PARAMETROS OBJETIVO DE DISEÑO DE LOS PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA.[4]

La investigación de los patrones de barras de control objetivo a plena potencia (PBC) para un reactor BWR puede ser desarrollada en base al establecimiento de una serie de parámetros objetivo de diseño los cuales resumen los puntos importantes que deben ser vigilados durante el proceso de desarrollo; con el objeto de que el reactor sea capaz de funcionar a plena potencia sin violar los márgenes térmicos y a su vez alcanzar los requerimientos de capacidad para largos términos de quemado.

Los parámetros objetivo de diseño para el proceso de desarrollo de los PBC se pueden identificar de la siguiente manera:

- 1.- Objetivo de reactividad (eigenvalor crítico).
- 2.- Objetivos de márgenes térmicos.
- 3.- Objetivo de la forma de la potencia axial.

3.2.1 REACTIVIDAD OBJETIVO.

La elección de los eigenvalores críticos objetivo es crucial para lograr la plena potencia, en la cual si un valor incorrecto es seleccionado para el eigenvalor crítico, el reactor no logrará la plena potencia con los patrones ajustados a este valor.

En una estimación burda, por cada cambio de 0.001 de delta-k en el eigenvalor, la potencia del reactor cambiará 2 %. Entonces, si un error de 0.005 de delta-k se tiene en la elección del eigenvalor objetivo, la potencia del reactor estará a 10 % del valor esperado.

En cuanto a la reactividad objetivo y el eigenvalor calculado se establece un criterio de convergencia de 0.001 delta-k, permitiendo una variación del 2 % en la potencia del reactor. Normalmente esta cantidad de variación puede ser manejada variando el caudal del núcleo por una cantidad relativamente pequeña.

En términos generales la reactividad objetivo será función del quemado promedio del ciclo, potencia del reactor y el caudal del núcleo. La reactividad objetivo deberá ser evaluada al comparar el código simulador de tres dimensiones con un número estadísticamente significativo de ciclos previos sobre reactores similares.

TITULO:
APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA
EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL
A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA
CNLV

DGC(CFE)/ININ/IIIE

10 DE MARZO DE 1992

HOJA 13 DE 94

3.2.2 MARGENES TERMICOS OBJETIVO.

Los límites térmicos objetivo y sus márgenes, que se usarán en la generación de los PBC son los establecidos en forma tal que la operación del reactor satisfaga las especificaciones técnicas límite. Es de esperarse que estos límites de margen térmico puedan cambiar con los diferentes diseños de combustible, que pudieran cambiar de un punto de quemado a otro, que pudieran ser función de la potencia del núcleo y/o del flujo o que pudieran ser dependientes de las condiciones locales del nodo. En cualquier caso el simulador 3-D deberá ser usado para calcular el margen disponible para los límites.

Los objetivos de diseño deberán incluir una tolerancia para cualquier desviación entre el simulador 3-D y la realidad. Esta tolerancia de diseño deberá ser evaluada sobre una base estadística tal que si los límites de diseño son satisfechos en el simulador 3-D en al menos 90 % de los casos, los límites de operación quedarán satisfechos sin ajustes adicionales del patrón de barras por el grupo de operación de la planta.

Los límites de diseño utilizados son:

3.2.2.1 Razón de Generación Lineal de Calor (LHGR).

Generalmente expresado en unidades de kw/ft (w/cm), este límite establece la máxima razón de generación lineal de calor a través del encamisado del combustible e incluye el factor de pico local de potencia de barra.

El proceso normal de diseño del fabricante (en este caso GE) ha incluido un 10 % de tolerancia de seguridad y desviación estándar para el simulador 3-D. Esto significa, por ejemplo, que con 440 w/cm como límite de operación, el límite de diseño a ser usado en el simulador será 397 w/cm. El límite en kw/ft es generalmente independiente del quemado.

Deberá realizarse una evaluación detallada de las comparaciones en la generación lineal de calor de los valores reales medidos en los ciclos actual y previos del reactor, de otros reactores similares o de datos suministrados por el vendedor, para establecer los valores de diseño a usar con el simulador 3-D particular.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNC DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IIIE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 14 DE 94

3.2.2.2 Mínima Razón de Potencia Crítica (MCPR).

El límite de la mínima razón de potencia crítica (MCPR) está destinado a proteger el combustible por fallas causadas por "secado " o alejamiento de la ebullición nucleada (zona de mejor transferencia de calor). El límite de MCPR será generalmente dependiente del tipo de combustible, caudal y punto de quemado en el ciclo y para reactores BWR/6 es también dependiente del nivel de potencia. El MCPR es inversamente proporcional a la potencia radial, aunque la potencia radial no está incluida en la correlación del MCPR.

3.2.3 FORMA DE LA DISTRIBUCION AXIAL OBJETIVO.

La forma de la potencia para cada punto de quemado se usa para acumular quemado en el núcleo sobre la base nodo por nodo. El caso Haling da una estimación de la capacidad de quemado del núcleo. Esta es una estimación del período de tiempo que puede ser mantenido a plena potencia antes de que todas las barras sean totalmente extraídas del núcleo. Después de que todas las barras son extraídas y el caudal del núcleo está en su máximo valor el reactor irá cuesta abajo en potencia.

Un parámetro muy importante para obtener esta capacidad de quemado es alcanzar a priori la forma de quemado antes de extraer todas las barras de control.

Si el fondo del núcleo es subexpuesto (en comparación con el Haling), entonces la capacidad de quemado del núcleo será reducida. Esta reducción puede ser muy significativa y puede llegar a ser de varias semanas a plena potencia. Una mayor parte de este efecto es debido al incremento de la fracción de vacíos promedio en el núcleo que es vista cuando la potencia cae al fondo del núcleo. La potencia cae a la parte baja del núcleo debido a que esta parte está menos expuesta y tiene más reactividad que lo que hubiese obtenido por Haling.

Entonces, una forma de incrementar el quemado del ciclo es quemar la parte baja del núcleo más que el Haling. En este caso, al final del ciclo cuando las barras de control son removidas, la parte superior del núcleo es más reactiva que el Haling (el fondo del núcleo es menos reactivo). Así la potencia se mueve a la parte superior del núcleo, la fracción de vacíos promedio en el núcleo decrece y la reactividad de este aumenta. La planta funciona por más tiempo. Así vemos que la forma de la potencia axial promedio en cada punto de quemado debe ser cuidadosamente seguida en un intento de empatar la forma de la potencia axial tan cercanamente como sea posible al Haling y simultáneamente sobreexponer la parte baja del núcleo, respecto al Haling, según la estrategia establecida.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 15 DE 94

Una simple regla que puede ser usada para lograr lo anterior es que la potencia promedio relativa axial en el nodo tres sea mayor que uno.

3.3 DESCRIPCION DE LA OBTENCION DE LOS LIMITES TERMICOS DE LA RAZON DE GENERACION LINEAL DE CALOR (MLHGR), RAZON DE FLUJO DE CALOR CRITICO (MCHFR), RAZON DE POTENCIA CRITICA MINIMA (MCPR) Y CALCULO DE EIGENVALORES OBJETIVO PARA PRESTO.[3]

3.3.1 Desviación (BIAS) del límite térmico LHGR.

En base al diseño del combustible y por especificaciones técnicas de operación, la máxima razón de generación lineal de calor (MLHGR) que debe manejarse como valor límite (superior) en el proceso de generación de los PBC a plena potencia es de 397 w/cm, sin embargo el valor que ha de usarse con el código PRESTO (simulador 3D) se calcula de la siguiente manera:

- Para cada punto de quemado se obtiene la relación (cociente) de los valores de MLHGR objetivos y los calculados por PRESTO. A continuación se determina el valor medio de las relaciones de todo el ciclo y su desviación estándar.
- Se calcula el valor MLHGR aplicable a la investigación de los PBC para PRESTO al dividir el valor proporcionado por el diseñador de combustible 397 w/cm entre el valor medio determinado en el párrafo anterior.

Los resultados son los siguientes:

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 16 DE 94

QMDO. MWD/ST	SECUEN- CIA	MLHGR Obj.	MLHGR Presto	RAZON obj./presto
200	A-2	382	362.9	1.053
1000	A-2	362	375.6	0.964
1000	B-2	388	412.8	0.940
2000	B-2	385	396.2	0.972
2000	A-1	367	399.7	0.918
3000	A-1	370	392.6	0.942
3000	B-1	388	397.5	0.976
4000	B-1	382	375.3	1.018
4000	A-2	381	387.9	0.982
5000	A-2	392	396.0	0.990
5000	B-2	391	396.7	0.985
6000	B-2	384	368.5	1.042
PROMEDIO:			388.5	0.982

El valor de MLHGR objetivo para PRESTO es:

$$MLHGR = 397/0.982 = 404.28 \text{ w/cm.}$$

3.3.2 Desviación (BIAS) del límite térmico MCHFR.

La manera en que se obtuvo el valor límite de la mínima razón de flujo de calor crítico (MCHFR) fue tomar 1.39, valor proporcionado por el diseñador del combustible, y dividirlo entre la razón media del MCPR objetivo respecto al valor de MCHFR de PRESTO de cada uno de los puntos de quemado.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

:

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IIIE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 17 DE 94

QUEMADO MWD/ST	SECUEN- CIA	MCPR objetivo	MCHFR presto	RAZON objetivo/presto
200	A-2	1.47	2.203	0.667
1000	A-2	1.47	2.425	0.606
1000	B-2	1.39	2.223	0.625
2000	B-2	1.38	2.346	0.588
2000	A-1	1.45	2.492	0.582
3000	A-1	1.47	2.802	0.524
3000	B-1	1.36	1.648	0.825
4000	B-1	1.39	1.779	0.781
4000	A-2	1.48	2.844	0.520
5000	A-2	1.46	2.734	0.534
5000	B-2	1.44	2.262	0.637
6000	B-2	1.48	2.400	0.617
PROMEDIO:		1.44	2.347	0.625

El valor de MCHFR objetivo para PRESTO es:

$$MCHFR = 1.39/0.625 = 2.22$$

3.3.3 Selección de los eigenvalores críticos objetivo.

Los valores que se muestran en la tabla siguiente sirven de base para la selección de los eigenvalores objetivo a emplearse en la búsqueda de los PBC a potencia; se obtienen de la siguiente manera:

- En los puntos de quemado de 200 a 6000 mwd/st se tomó el valor de referencia proporcionado por el diseñador del reactor, esta información se obtuvo del reporte del manejo de combustible [1] (Cycle Management Report) del reactor.
- Para los puntos de quemado de 7000, 8000 y 9000 se interpoló linealmente entre 6000 y 9145 mwd/st para obtener los eigenvalores de diseño. La ecuación usada en la interpolación lineal fue:

$$K_{eff}(Q) = K_{eff}(6000) + \frac{K_{eff}(9145) - K_{eff}(6000)}{9145 - 6000} (Q - 6000)$$

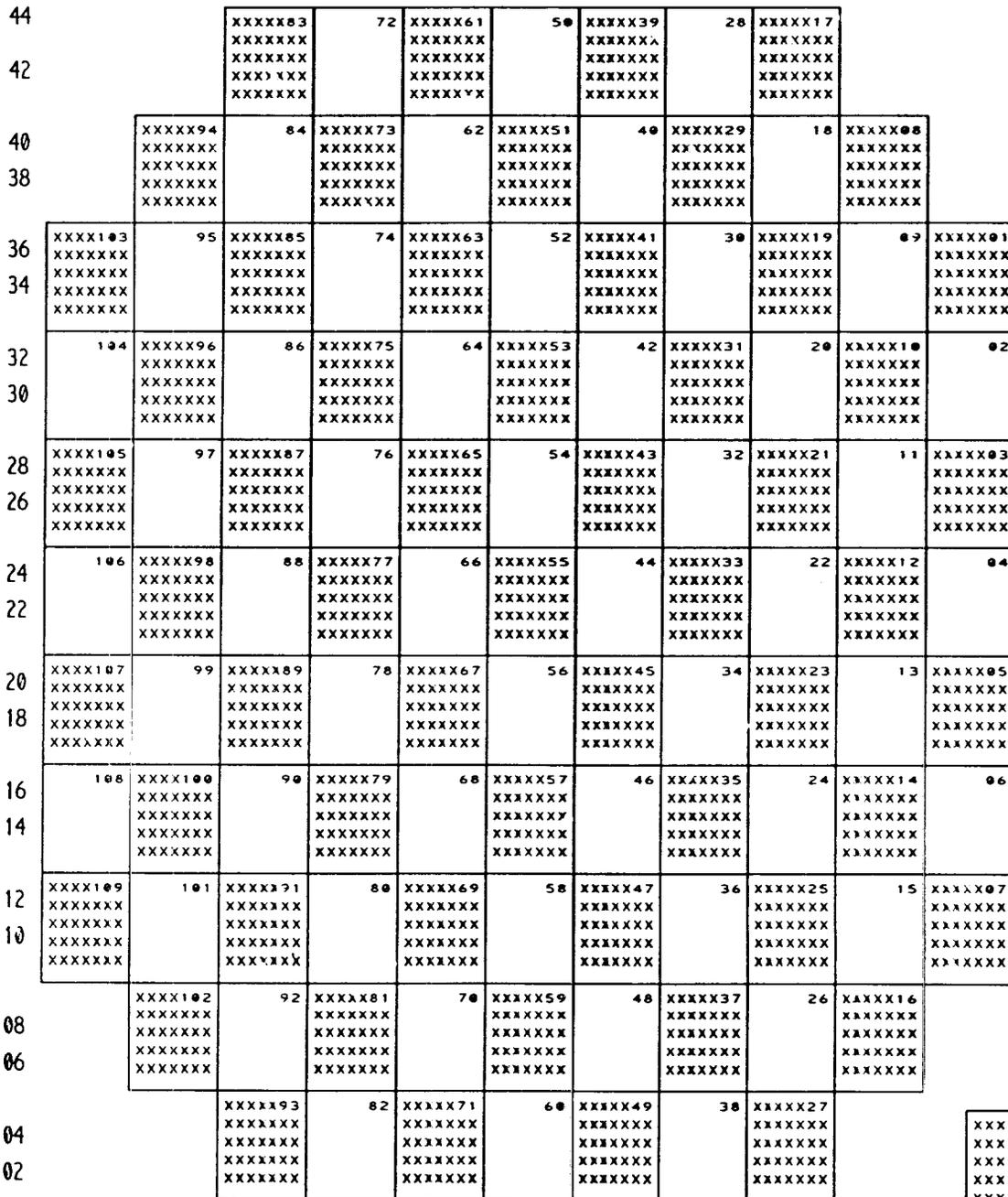
Donde: $K_{eff}(Q)$: eigenvalor a Q mwd/st.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 18 DE 94

Los resultados obtenidos son los siguientes:

QUEMADO MWD/ST	SECUEN- CIA	KEFF. OBJETIVO
0	A-2	0.99951
200	A-2	1.00480
200	A-2	1.00490
1000	A-2	1.00140
1000	B-2	0.99946
2000	B-2	0.99903
2000	A-1	0.99846
3000	A-1	0.99804
3000	B-1	0.99868
4000	B-1	0.99869
4000	A-2	0.99708
5000	A-2	0.99711
5000	B-2	0.99681
6000	B-2	0.99753
6000	A-1	0.99753
7000	A-1	0.99619
7000	B-1	0.99619
8000	B-1	0.99486
8000	A-2	0.99486
9000	A-2	0.99353
9000	B-2	0.99353
9145	B-2	0.99334

01 03 05 07 09 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43



XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX
XXXXXX

B. TOTALMENTE
INSERTADA
(00 MUESCAS)

NN

B. TOTALMENTE
EXTRAIDA
(48 MUESCAS)

PATRON DE BARRAS DE CONTROL
BLANCO Y NEGRO DEL REACTOR
DE LA CNLV U-1

NN NUM. DE BARRA

FIGURA No. 1

01 03 05 07 09 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37 39 41 43

44			83	72	61	50	39	28	17		
42			A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1		
40		94	84	73	62	51	40	29	18	08	
38		A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	
36	103	95	85	74	63	52	41	30	19	09	01
34	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1
32	104	96	86	75	64	53	42	31	20	10	02
30	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
28	105	97	87	76	65	54	43	32	21	11	03
26	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1
24	106	98	88	77	66	55	44	33	22	12	04
22	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
20	107	99	89	78	67	56	45	34	23	13	05
18	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1
16	108	100	90	79	68	57	46	35	24	14	06
14	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
12	109	101	91	80	69	58	47	36	25	15	07
10	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1
08		102	92	81	70	59	48	37	26	16	
06		A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	
04			93	82	71	60	49	38	27		
02			A1	B1	A1	B1	A1	B1	A1		

SEC.	NO. DE BARRAS
A1	32
B1	26
A2	25
B2	26

SECUENCIAS DE BARRAS DE CONTROL
DEL REACTOR DE LA CNLV U-1

TOTAL: 109

FIGURA No. 2

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IIIE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 21 DE 94

4. METODOLOGIA.

4.1 PROCEDIMIENTO USADO EN LA INVESTIGACION DE LOS PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA.[4]

4.1.1. Ejecución del código PRESTO usando la opción Haling de fin de ciclo.

4.1.1.1 Generación de un archivo de reinicio de esta ejecución.

4.1.2. Ejecución del código PRESTO para la simulación del ciclo completo con la condición de simulación de todas las barras de control extraídas (HARO).

4.1.2.1 Se divide la longitud del ciclo de operación en pasos de quemado en de MWD/ST la manera siguiente:

PASO No.	INTERVALO MWD/ST
1	0 - 200
2	200 - 1000
3	1000 - 2000
4	3000 - 3000
5	3000 - 4000
6	4000 - 5000
7	5000 - 6000
8	6000 - 7000
9	7000 - 8000
10	8000 - 9000
11	9000 - 9145

4.1.2.2 Quedan definidos de esta manera 11 pasos o intervalos con 12 puntos de quemado a lo largo del ciclo.

4.1.2.3 Se ejecuta la simulación del ciclo completo usando la división descrita anteriormente con una serie de casos de continuación, un caso por cada intervalo de quemado, en donde cada uno consiste en tomar como archivo de inicio el archivo generado en el punto 4.1.1.1 y usar intervalos de quemado negativa desde el Haling hasta el requerido punto de quemado. Estos casos de pasos hacia atrás son casos normales (no Haling) con Xenón y Samario en equilibrio en el nuevo punto de quemado. El samario en equilibrio es obtenido tomando la opción del programa PRESTO

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 22 DE 94

$$IOPT(19)=1.$$

La forma en que se definieron los casos a ejecutar es la siguiente:

CASO No	QUEMADO (MWD/ST)	VALOR DEL INTERVALO. (MWD/ST)
1	9000	-145
2	8000	-1145
3	7000	-2145
4	6000	-3145
5	5000	-4145
6	4000	-5145
7	3000	-6145
8	2000	-7145
9	1000	-8145
10	200	-8945
11	0	-9095

4.1.2.4 Para cada punto de quemado en el ciclo se registra el valor del factor de multiplicación efectiva K_{eff} .

4.1.2.5 Se calcula la diferencia $\Delta K = K_{eff}(\text{objetivo}) - K_{eff}(\text{presto})$ del exceso de reactividad en caliente.

A continuación se muestra la tabla de resultados obtenidos en los puntos 4.1.2.4 y 4.1.2.5:

QUEMADO MWD/ST	KEFF. OBJETIVO	KEFF. PRESTO	DELTA-K
0	0.99951	1.0243	0.02479
200	1.00485	1.0239	0.01905
1000	1.00043	1.0280	0.02757
2000	0.99874	1.0321	0.03335
3000	0.99836	1.0343	0.03594
4000	0.99788	1.0352	0.03731
5000	0.99696	1.0347	0.03774
6000	0.99753	1.0305	0.03297
7000	0.99619	1.0212	0.02501
8000	0.99486	1.0090	0.01414
9000	0.99353	0.9965	0.00298
9145	0.99334	0.9947	0.00134

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 23 DE 94

4.1.3 Cálculo de la densidad de barra de control necesaria en cada punto de quemado en el ciclo de operación.

Esto se lleva a cabo tomando en cuenta que para un patrón de barras típico, el peso en muescas (notches) tiene un valor del orden de 250 por cada uno por ciento en reactividad. Es decir, suponer que para reducir el eigenvalor en 0.010 delta-k será necesario insertar aproximadamente 250 muescas (notches) en el núcleo. Esta consideración supone la convención de 48 muescas por barra de control.

Entonces para estimar la densidad de barra de control necesaria en algún punto de quemado particular, se debe multiplicar el exceso de reactividad caliente expresado en por ciento de delta-k por 250, el valor resultante queda expresado en muescas (notches) insertadas.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

QUEMADO MWD/ST	DELTA-K	NUM. DE MUESCAS A INSERTAR.
0	0.02479	620
200	0.01905	476
1000	0.02757	689
2000	0.03335	834
3000	0.03594	899
4000	0.03731	933
5000	0.03774	944
6000	0.03297	824
7000	0.02501	625
8000	0.01414	354
9000	0.00298	75
9145	0.00134	34

4.1.4 Propuesta de los patrones iniciales de barras de control.

Usando las estimaciones de densidad de barra de control se procede a generar una propuesta inicial del patrón de barras de control (PBC) para cada de los puntos de quemado a través del ciclo. La secuencia inicial de patrón de barras al principio del ciclo deberá ser, ya sea A-1 ó A-2 y para una carga convencional del núcleo se debe usar un patrón repetitivo de secuencias A/B/A/B/A etc. hasta concluir el ciclo de operación.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 24 DE 94

Una forma en que se puede generar la propuesta inicial de los PBC es considerando los siguientes puntos:

- 4.1.4.1 No usar barras de control periféricas de cualquier secuencia. Esto quiere decir que se mantendrán siempre extraídas.
- 4.1.4.2 No colocar ninguna barra de control en alguna posición intermedia, 16-32 muescas. Esto es, no usar barras intermedias.
- 4.1.4.3 Colocar barras profundas de la secuencia correspondiente en la posición 10, comenzando con aquellas barras más cercanas a las regiones de los menores valores de la razón mínima de flujo crítico (MCHFR) del caso ejecutado en el punto 2 (Caso HARO). Insertar las barras profundas restantes hasta 85 a 90% de las muescas requeridas a insertar. Estas barras restantes deberán ser insertadas en posiciones simétricas en el núcleo dentro de la secuencia elegida.
- 4.1.4.4 Después de que el número requerido de barras profundas esté insertado, colocar barras poco profundas de la secuencia correspondiente en la posición 34, comenzando con aquellas barras más cercanas a las regiones de los valores máximos de la razón de generación lineal de calor (MLHGR) del caso ejecutado en el punto 4.1.2 (HARO). Tomando en cuenta la simetría de la secuencia en uso, terminar de insertar las barras poco profundas requeridas.

El esquema global de las secuencias de barras de control a través del ciclo es el siguiente:

:

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 25 DE 94

QUEMADO MWD/ST	SECUEN- CIA DE BARRAS	QUEMADO (MWD/ST)	SECUEN- CIA DE BARRAS
0	A-2	6000	A-1
200	A-2	7000	A-1
200	A-2	7000	B-1
1000	A-2	8000	B-1
1000	B-2	8000	A-2
2000	B-2	9000	A-2
2000	A-1	9000	B-2
3000	A-1	9145	B-2
3000	B-1		
4000	B-1		
4000	A-2		
5000	A-2		
5000	B-2		
6000	B-2		

En los puntos 4.1.4.3 y 4.1.4.4 se debe hacer uso de lo siguiente: En caso de requerir más barras profundas o poco profundas y todas las posibles localizaciones no periféricas estén ya ocupadas, entonces usar barras profundas o poco profundas respectivamente de la otra secuencia de la misma letra. Por ejemplo, si en una secuencia A-2 todas las localizaciones no periféricas han sido ocupadas, en seguida usar localizaciones A-1 y no B-1 o B-2. No usar barras de control de las secuencias de la otra letra.

En base a los datos observados en la tabla anterior debe notarse que se ha definido un paso intermedio entre los puntos 0 y 1000 MDW/ST; esto es con el propósito de tomar en cuenta los efectos del Xenón-135 producido en el núcleo del reactor. También se puede observar que el último intervalo es relativamente más pequeño respecto de los demás; este se ha definido solamente con el fin de completar la longitud del ciclo estimada. Para cada uno de los intervalos en que se ha dividido el ciclo de operación se generan patrones de barras de control (PBC), tanto al inicio como al final, lo cual ayuda a que los márgenes térmicos sean razonables durante la secuencia y que el punto más limitante para el establecimiento de la posición de las barras de control sea encontrado.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 26 DE 94

4.1.5 Simulación a través del ciclo de operación utilizando los patrones de barras de control propuestos.

En las tarjetas 620000 del archivo de datos de entrada PRESTO se especifica el número y posición de las barras de control para el patrón del principio del intervalo.

En las tarjetas 630000 del archivo de datos de entrada se define el número y posición de las barras de control para el patrón del final del intervalo.

La ejecución del código PRESTO en éste y en la serie de casos posteriores se llevó a cabo a través de un archivo de comandos del sistema CYBER que forman un procedimiento de lanzamiento para procesos en los modos BATCH e interactivo.

4.1.6 Revisión de los parámetros de control en la investigación de los patrones de barras de control.

En este punto se hace uso de algunos pequeños programas auxiliares para la edición del archivo de salida para el código PRESTO. La información reportada por estos programas es la siguiente:

- Quemado promedio del núcleo MWD/T de cada uno de los puntos de interés del ciclo.
- Valor de la Keff en cada punto de quemado al inicio y al final del intervalo.
- Tabla de los valores máximos de la razón de generación lineal de calor (MLHGR) y mínimos de la razón de flujo de calor crítico (MCHFR) de los canales más limitantes en el núcleo.
- El valor de la densidad de potencia promedio relativa axial en el nodo 3 (en la base del núcleo).

4.1.7 Ajustes y cambios en los patrones de barras de control de acuerdo a los criterios seguidos en la investigación de éstos.

Las guías básicas para la modificación de un PBC en cualquier punto de quemado se pueden identificar de la siguiente manera:

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 27 DE 94

4.1.7.1 Seguimiento del MLHGR, usando barras poco profundas.

Partiendo de los resultados del último caso ejecutado, encontrar la localización del más alto LHGR (W/CM); en seguida insertar la barra de control no periférica más cercana en una posición entre 32 y 48 muescas. Estas barras de control deberán ser de la secuencia elegida para las barras profundas, hasta que la secuencia esté totalmente insertada. Durante la primera mitad del ciclo (0-6000 MWD/ST) se hizo hincapié en conseguir las posiciones más extraídas posibles dentro del margen térmico MLHGR. Con esto se logró una sobrequemado de la parte baja del núcleo con respecto del valor normalmente esperado (Haling).

4.1.7.2 Seguimiento del MCHFR (MCPR), usando barras profundas.

Encontrar la localización del menor CHFR (CPR), en seguida insertar la barra de control no periférica más cercana en una posición dentro del rango de 0 a 16 muescas (notches).

4.1.7.3 Seguimiento del eigenvalor objetivo (Keff), usando barras profundas.

La intención de simular dentro del margen térmico MCHFR (MCPR) descrita en el punto anterior, tiene también la función de seguir el valor del eigenvalor objetivo pues el movimiento de las barras profundas afecta directamente al nivel de la potencia en una proporción mayor que el movimiento de las barras poco profundas.

En cuanto al eigenvalor crítico se considera una precisión de $\Delta K = 0.001$ (100 pcm) como criterio de convergencia aceptable; pues en promedio por cada cambio en 100 pcm de Keff la potencia del reactor cambia 2%, normalmente esta cantidad de variación puede ser manejada variando el flujo del núcleo por una cantidad relativamente pequeña.

4.1.7.4 Seguimiento de la forma de la densidad de potencia promedio axial objetivo del núcleo.

La forma de la densidad de potencia promedio relativa axial es fuertemente influenciada por el movimiento de las barras poco profundas, una simple guía que se puede usar para lograr la forma deseada (tipo haling), es que el valor de la potencia en el nodo 3 sea mayor que uno.

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 28 DE 94

Serán necesarios algunos ajustes finales para barras profundas y poco profundas. Estos ajustes deberán incluir una separación mínima en los extremos de las barras de control, tal que no todas se encuentren en una misma posición axial. Al tener todas las barras en una misma posición, puede resultar un pico de potencia alto en los extremos de las hojas de las barras, debido al acoplamiento de los nodos en los canales de combustible.

4.1.8. RESUMEN.

Los pasos seguidos en el proceso de generación de los patrones de barras de control son básicamente los siguientes:

- 4.1.8.1 Ejecución del programa PRESTO, caso Haling.
- 4.1.8.2 Ejecución de PRESTO, casos HARO.
- 4.1.8.3 Cálculo de la densidad de barra de control necesaria en cada punto de quemado.
- 4.1.8.4 Formación de los PBC iniciales a través del ciclo.
- 4.1.8.5 Simulación del ciclo con los patrones propuestos.
- 4.1.8.6 Revisión de los parámetros de control de la investigación de los PBC.
- 4.1.8.7 Ajustes y cambios de los PBC.
- 4.1.8.8 Iteración hasta que todos los límites y objetivos sean satisfechos.

Los primeros 4 puntos (4.1.1-4.1.4) representan básicamente la etapa de formación de los patrones iniciales. Los 3 puntos restantes (4.1.5-4.1.7) constituyen las instrucciones para repetir la simulación del reactor hasta alcanzar los resultados aceptables con los PBC modificados.

Durante las primeras ejecuciones del código PRESTO simulando el núcleo del reactor con los patrones modificados se tenía en mente la idea de optimizar simultáneamente todos los PBC, para ello se enviaba en cada iteración todo el ciclo completo. Los resultados de estas ejecuciones al principio fueron aceptables en todo momento hasta que se encontraron los siguientes problemas:

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IEE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 29 DE 94

- Después de cada iteración, parcialmente varios intervalos de quemado eran gradualmente optimizados, pero al mismo tiempo se generaban ciertos puntos de quemado con problemas críticos los cuales se alejaban notablemente de los resultados aceptables.
- Las opciones de optimización del PBC en un punto dado de quemado están en función de la historia de movimiento de las barras de control y de las condiciones de quemado derivadas de los PBC anteriores al punto considerado.

Estas cuestiones implicaron considerar la optimización de los PBC en una forma puntual en estos puntos críticos, es decir, tomar hasta el punto ya ubicado dentro de los resultados aceptables y proseguir con el siguiente y no continuar hasta haber concluido la optimización de éste.

:

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 30 DE 94

5.0 RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en la última ejecución del código PRESTO se muestran en la tabla de resultados dada a continuación. En ella aparecen los valores de los parámetros de control seguidos durante las ejecuciones de este código así como los promedios de tales parámetros.

TABLA 5.1 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL CÓDIGO PRESTO
EN LA SIMULACION DE LOS PATRONES DE BARRAS DE CONTROL.

QMDO. MWD/ST	SE- CUEN- CIA	KEFF. OBJ.	KEFF. PRESTO	DELTA KEFF	MIN. CHFR	MAX. LHGR W/CM	MIN. CPR	POT. REL. NODO3
200	A2	.99951	.99994	-0.00043	2.83	403.0	1.45	1.11
200	A2	1.0048	1.0042	0.00060	2.40	388.1	1.45	1.10
200	A2	1.0049	1.0044	0.00050	2.35	384.8	1.45	1.09
1000	A2	1.0014	1.0014	0.00000	2.89	396.9	1.46	1.10
1000	B2	.99946	.99850	0.00096	2.24	390.4	1.47	1.04
2000	B2	.99903	.99869	0.00034	2.49	396.1	1.46	1.11
2000	A1	.99846	.99778	0.00068	2.47	387.7	1.45	1.18
3000	A1	.99804	.99795	0.00009	2.82	385.4	1.46	1.17
3000	B1	.99868	.99815	0.00053	2.29	379.1	1.47	1.19
4000	B1	.99869	.99845	0.00024	2.39	391.5	1.49	1.25
4000	A2	.99708	.99736	-0.00028	2.82	394.1	1.50	1.07
5000	A2	.99711	.99797	-0.00086	2.78	387.5	1.50	1.07
5000	B2	.99681	.99639	0.00042	2.40	389.3	1.46	0.97
6000	B2	.99753	.99701	0.00052	2.58	396.0	1.51	1.02
6000	A1	.99753	.99723	0.00030	2.37	363.2	1.49	1.02
7000	A1	.99619	.99623	-0.00004	2.28	373.8	1.56	0.90
7000	B1	.99619	.99546	0.00073	2.43	344.0	1.54	0.97
7000	B1	.99486	.99417	0.00069	2.51	370.6	1.48	0.92
8000	A2	.99486	.99477	0.00009	3.09	390.6	1.56	1.00
8000	A2	.99353	.99265	0.00088	2.99	391.3	1.62	0.99
9000	B2	.99353	.99280	0.00073	2.98	334.5	1.61	0.97
9145	B2	.99334	.99555	-0.00221	3.03	332.9	1.62	1.05
PROMEDIO:				0.000203	2.61	380.5	1.50	1.06

TITULO: APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA CNLV	DGC(CFE)/ININ/IE
	10 DE MARZO DE 1992
	HOJA 31 DE 94

La tabla de resultados siguiente muestra los datos usados para el cálculo de la desviación estándar porcentual del parámetro Keff y enseguida la gráfica en la que aparecen los valores de Keff obtenidos con el código PRESTO comparados con los valores teóricos tomados como referencia (objetivo).

TABLA 5.2 VALORES DE KEFF CALCULADOS CON PRESTO Y COMPARACION CON DATOS TEORICOS.

QMDO. MWD/ST	KEFF PRESTO	KEFF TEORICO	(TE-PR/TE)%	(PR-TE)**2	(PR-TE)^2%
0	0.999940	0.999510	0.043021	0.000000	0.001850
200	1.004300	1.004800	-0.049760	0.000000	0.002476
1000	.999950	1.000370	-0.041980	0.000000	0.001762
2000	0.998235	0.998725	-0.049060	0.000000	0.002407
3000	0.998050	0.998330	-0.028040	0.000000	0.000786
4000	0.997905	0.997900	0.000501	2.5E-11	0.000000
5000	0.997180	0.996935	0.024575	0.000000	0.000603
6000	0.997145	0.997490	-0.034580	0.000000	0.001196
7000	0.995845	0.996190	-0.034630	0.000000	0.001199
8000	0.994470	0.994860	-0.039200	0.000000	0.001536
9000	0.992725	0.993530	-0.081020	0.000000	0.006564
9145	0.995550	0.993340	0.222481	0.000004	0.049498

DESVIACION ESTANDAR % = 0.255776

El valor de la desviación estándar se calculó mediante la expresión:

$$DST = \left(\frac{\sum_{i=1}^{12} (PR-TE)_i^2}{12} \right)^{1/2} * 100 \quad (5.1)$$

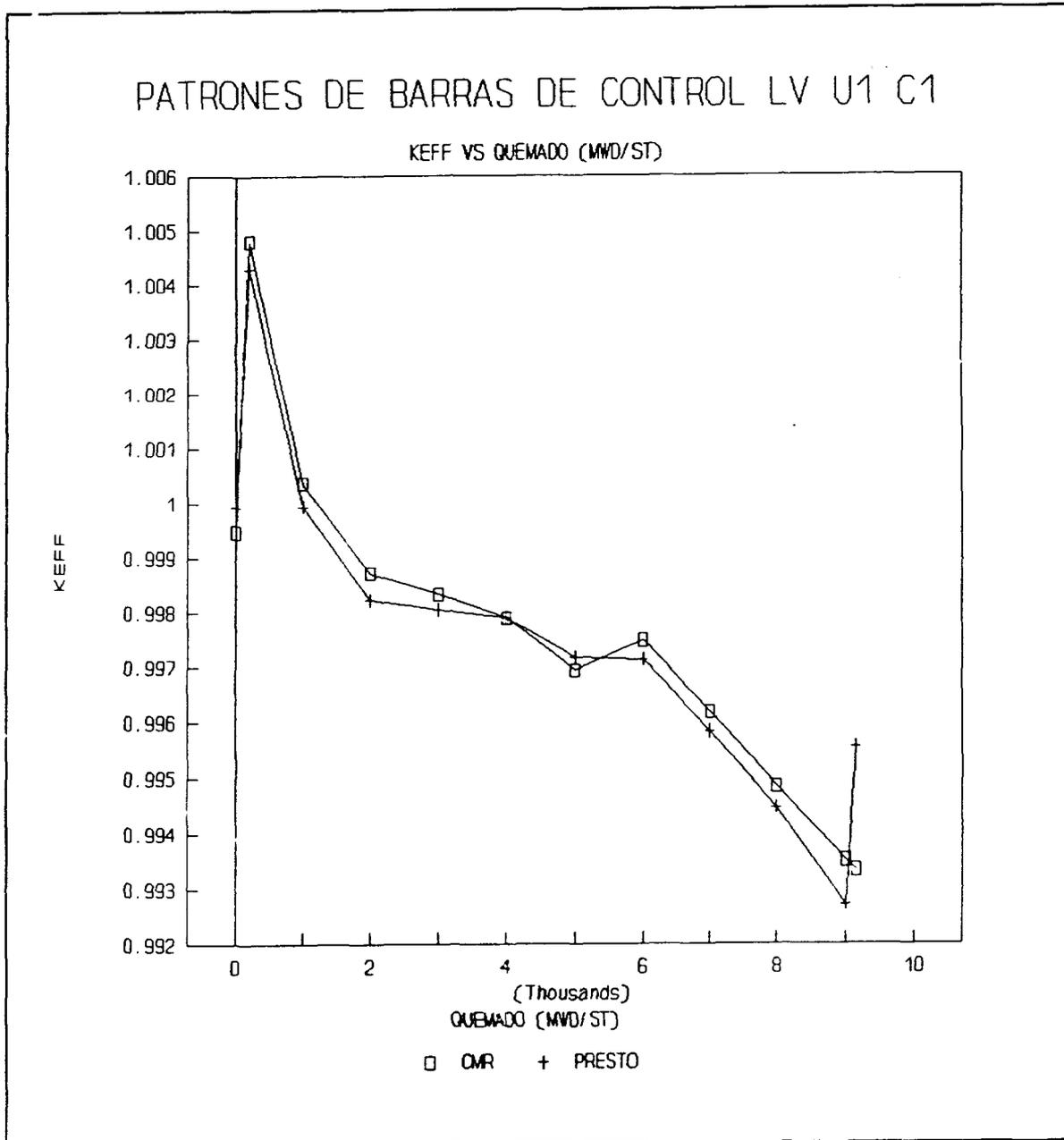
Se muestran a continuación los resultados gráficos del análisis de la búsqueda de los patrones de barras de control, la configuración en dos dimensiones de las barras de control así como su localización axial en el núcleo del reactor junto con los parámetros objetivo seguidos con PRESTO al inicio y fin de cada paso de quemado durante el ciclo de operación del reactor; los resultados del seguimiento de la forma de la densidad de potencia promedio relativa axial se muestran para cada punto de quemado después de los esquemas de las posiciones de las barras.

TITULO:
 APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA
 EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL
 A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA
 CNLV

DGC(CFE)/ININ/IE

10 DE MARZO DE 1992

HOJA 32 DE 94



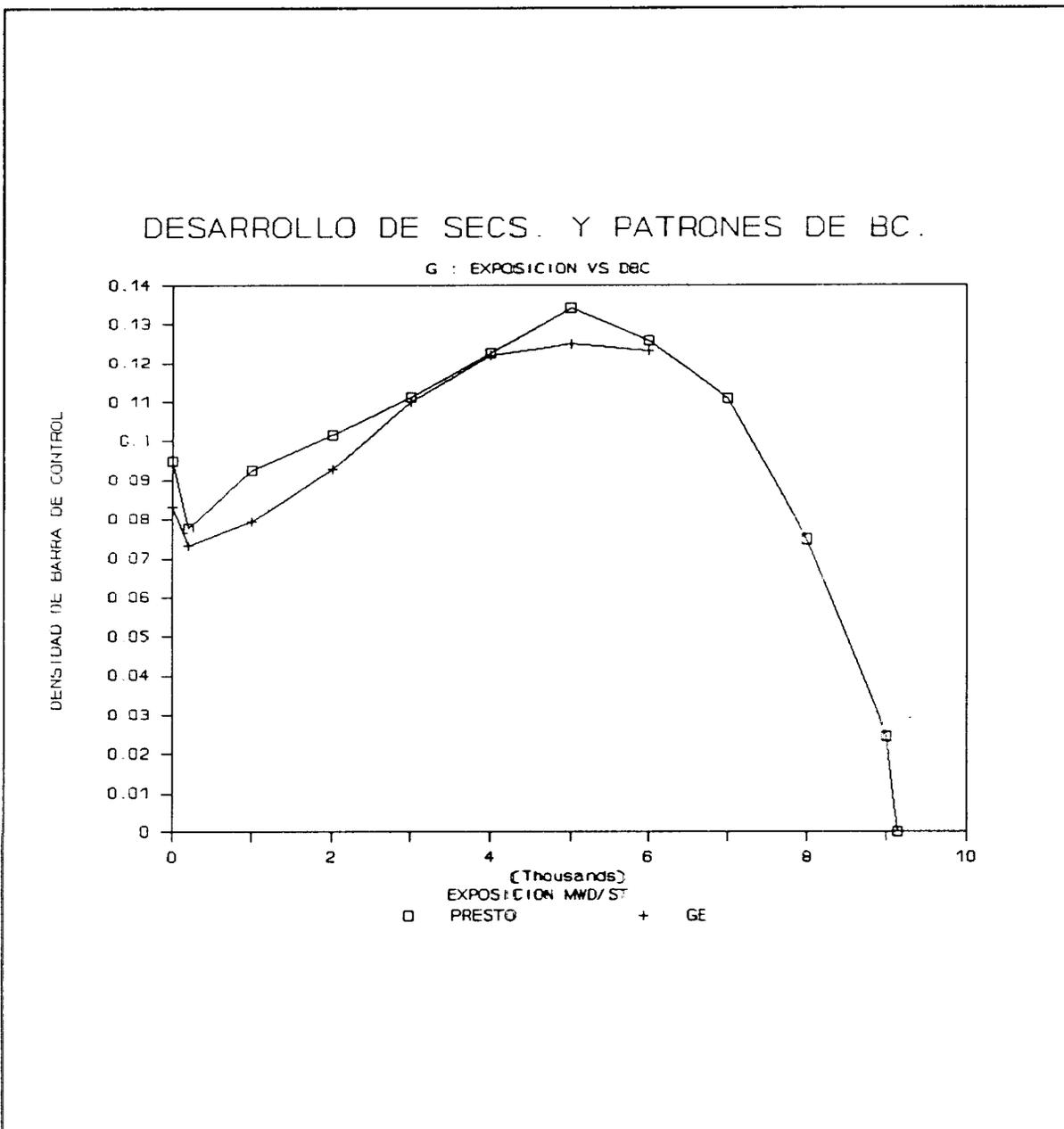
Gráfica 1. K_{eff} vs quemado (MWD/MT).

TITULO:
 APLICACION DEL METODO DE SCANDPOWER PARA
 EL DISEÑO DE PATRONES DE BARRAS DE CONTROL
 A PLENA POTENCIA EN EL CICLO UNO DE LA
 CNLV

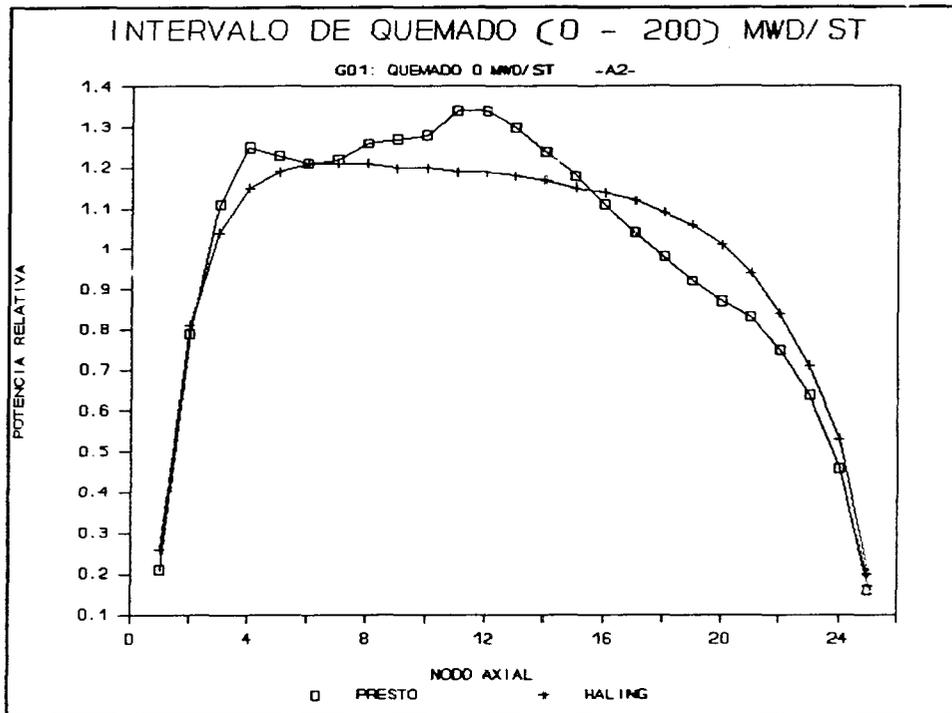
DGC(CFE)/ININ/IIIE

10 DE MARZO DE 1992

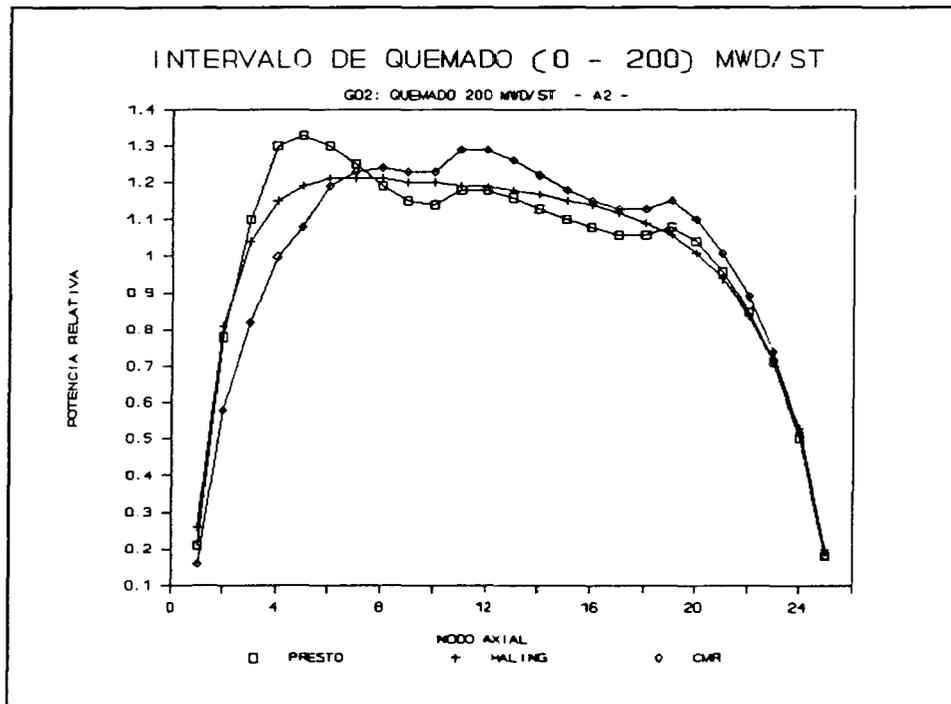
HOJA 33 DE 94



Gráfica 2 Densidad de barra de control (DBC) en función del quemado (MWD/MT) promedio del núcleo.



Graf. 3 Principio del paso de quemado de 0-200 MWD/MT.



Graf. 4 Fin del paso de quemado de 0-200 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 0 A 200 MWD/ST

			34	34			
		8	6	8			
	34				34		
		6	8	6			
	34				34		
		8	6	8			
			34	34			

SECUENCIA A-2

KEFF T 0.99951

KEFF 0.99994

MLHGR 403.0 CAN 35.12 NODO 4

MCFHR 2.83 CAN 35.22 NODO 14

MCPR 1.45 CAN 35.20 NODO 24

DBC^{PROF} 368 DBC P^{PROF} 496

P. PASO EXPOSICION: 0 MWD/ST POTR/N3 1.11

	44	40	40	44			
		12	12	12			
	40				40		
		12	10	12			
	40				40		
		12	12	12			
	44	40	40	44			

SECUENCIA A-2

KEFF T 1.0048

KEFF 1.0042

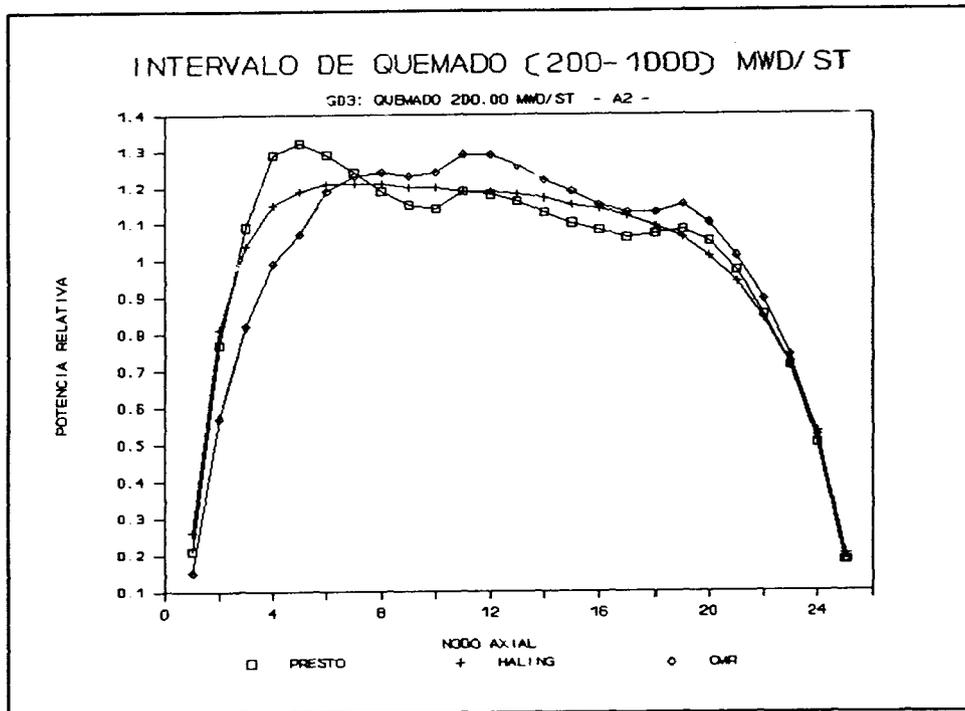
MLHGR 388.1 CAN 25.12 NODO 4

MCFHR 2.40 CAN 27.20 NODO 21

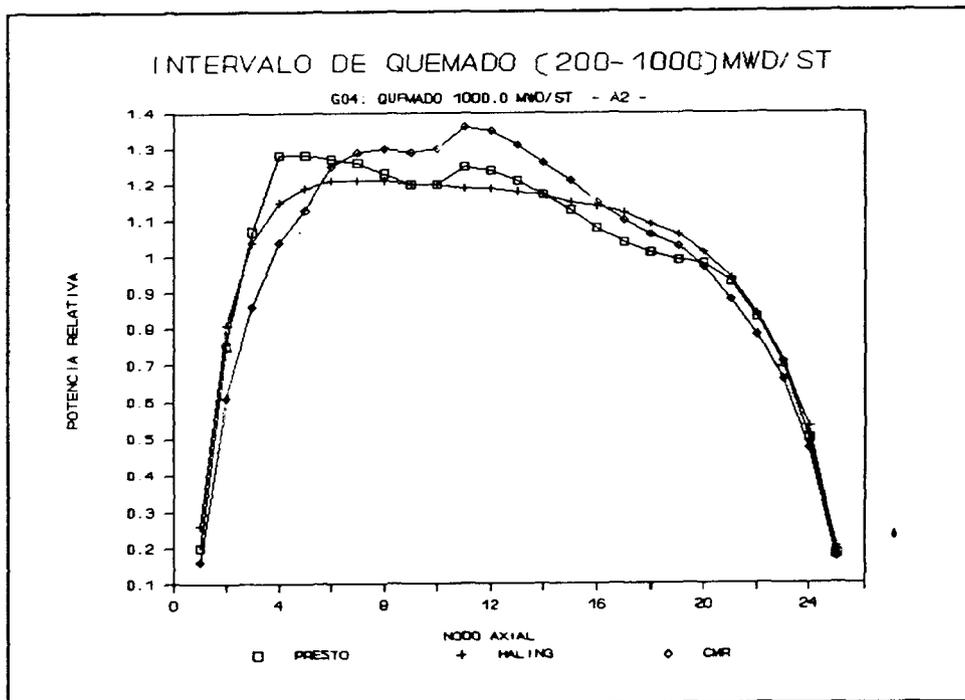
MCPR 1.45 CAN 35.20 NODO 24

DBC^{PROF} 325 DBC P^{PROF} 406

F. PASO EXPOSICION: 200 MWD/ST POTR/N3 1.10



Graf. 5 Principio del paso de quemado de 200-1000 MWD/MT.



Graf. 6 Fin del paso de quemado de 200-1000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 200 A 1000 MWD/ST

	44	40	40	44			
		12	12	12			
	40				40		
		12	10	12			
	40				40		
		12	12	12			
	44	40	40	44			

SECUENCIA A-2

KEFF T 1.0049

KEFF 1.0044

MLHGR 384.8 CAN 35.12 NODO 4

MCFHR 2.37 CAN 27.20 NODO 21

MCPR 1.45 CAN 35.20 NODO 24

DBC^{PROF} 325 DBC^{PPROF} 406

P. PASO EXPOSICION: 200 MWD/ST POTR/N3 1.09

	44	42	42	44			
		10	8	10			
	42	36	36	42			
		8	8	8			
	42	36	36	42			
		10	8	10			
	44	42	42	44			

SECUENCIA A-2

KEFF T 1.0014

KEFF 1.0014

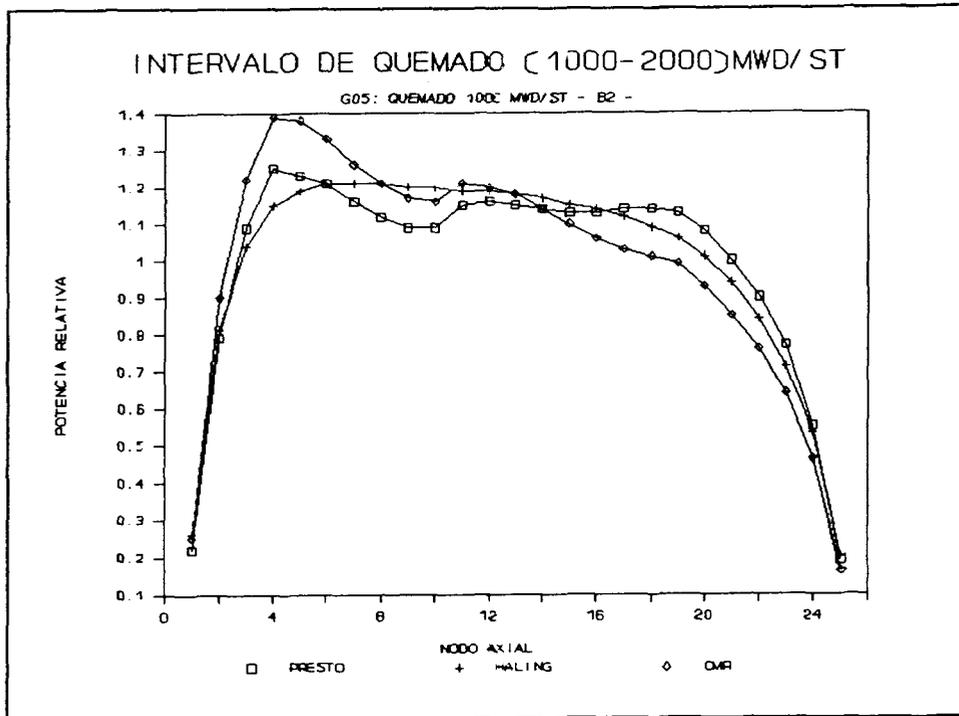
MLHGR 396.9 CAN 35.12 NODO 4

MCFHR 2.89 CAN 23.18 NODO 20

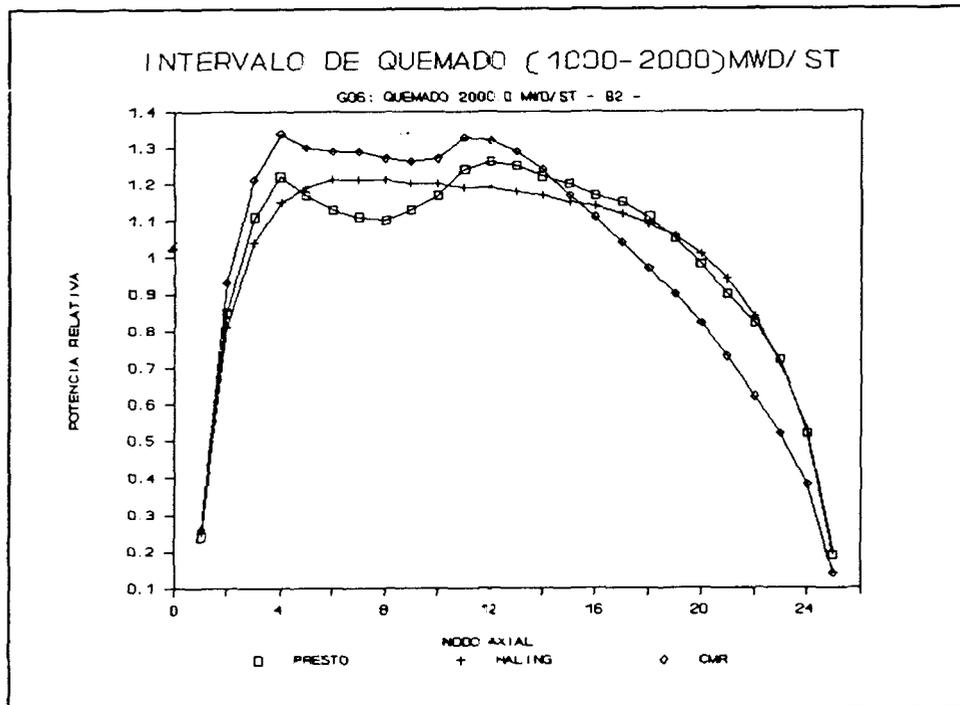
MCPR 1.46 CAN 35.20 NODO 24

DBC^{PROF} 352 DBC^{PPROF} 464

F. PASO EXPOSICION: 1000 MWD/ST POTR/N3 1.10



Graf. 7 Principio del paso de quemado de 1000-2000 MWD/MT.



Graf. 8 Fin del paso de quemado de 1000-2000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 1000 A 2000 MWD/ST

			32	32			
	16	6	6	6	16		
	10	14	14	14	10		
	16	6	6	6	16		
			32	32			

SECUENCIA B-2

KEFF T 0.99946

KEFF 0.99850

MLHGR 390.4 CAN 25.08 NODO 12

MCFHR 2.24 CAN 31.20 NODO 21

MCPR 1.47 CAN 23.10 NODO 24

DBC^{PROF} 440 DBC PPROF 504

P. PASO EXPOSICION: 1000 MWD/ST POTR/N3 1.04

			32	32			
	16	4	4	4	16		
	6	6	6	6	6		
	16	4	4	4	16		
			32	32			

SECUENCIA B-2

KEFF T 0.99903

KEFF 0.99869

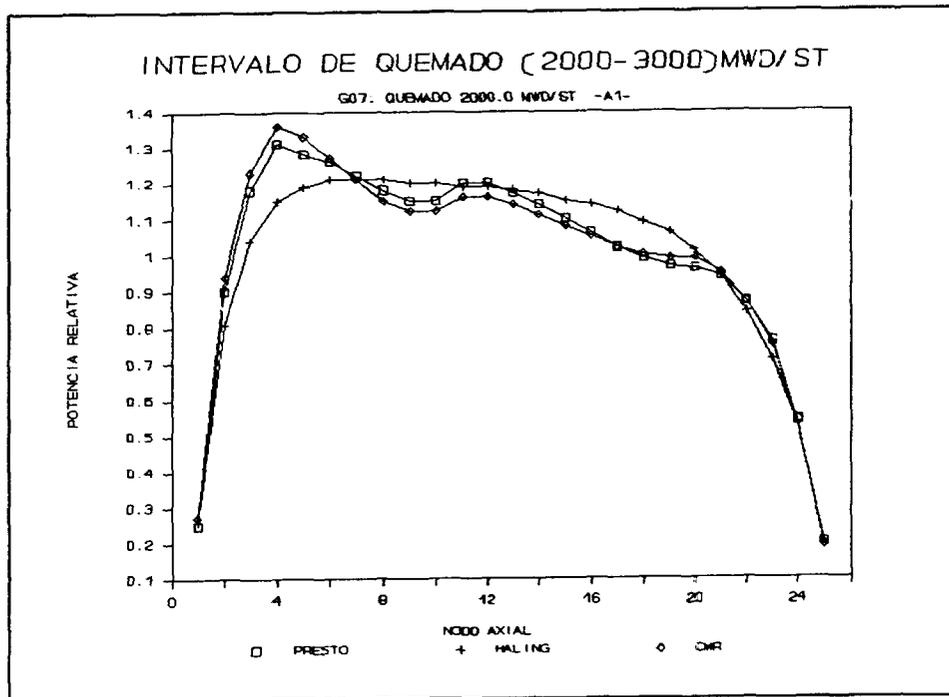
MLHGR 396.1 CAN 25.08 NODO 12

MCFHR 2.49 CAN 23.10 NODO 17

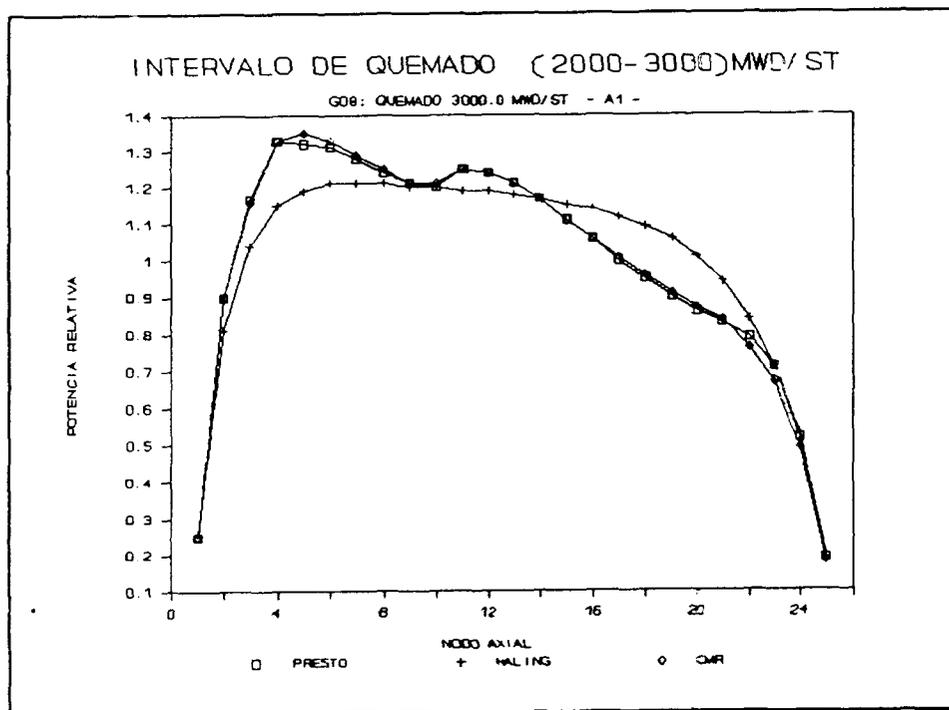
MCPR 1.46 CAN 23.10 NODO 24

DBC^{PROF} 472 DBC PPROF 536

F. PASO EXPOSICION: 2000 MWD/ST POTR/N3 1.11



Graf. 9 Principio de quemado de 2000-3000 MWD/MT.



Graf. 10 Fin del paso de quemado de 2000-3000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 2000 A 3000 MWD/ST

		38		10		10		38	
			46				46		
		8		6		6		8	
		8		6		6		8	
			46				46		
		38		10		10		38	

SECUENCIA A-1

KEFF T 0.99846

KEFF 0.99778

MLHGR 387.7 CAN 31.16 NODO 4

MCFHR 2.47 CAN 29.14 NODO 21

MCPR 1.45 CAN 29.14 NODO 24

DBC^{PROF} 480 DBC PPROF 528

P. PASO EXPOSICION: 2000 MWD/ST POTR/NE 1.18

		38		6		6		38	
			42				42		
		6		6		6		6	
		6		6		6		6	
			42				42		
		38		6		6		38	

SECUENCIA A-1

KEFF T 0.99804

KEFF 0.99795

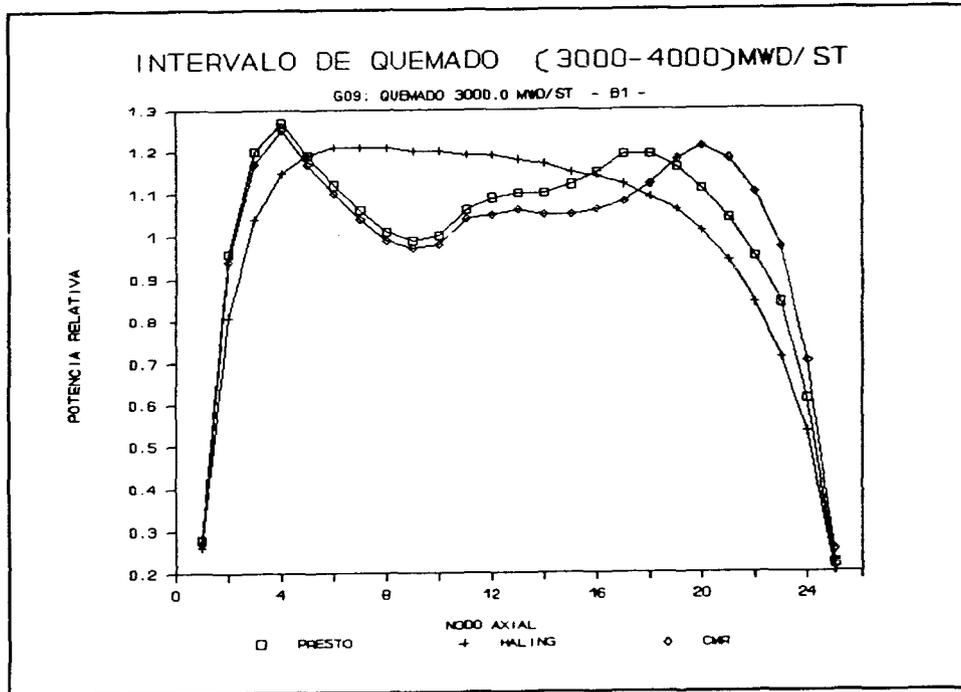
MLHGR 385.4 CAN 29.14 NODO 5

MCFHR 2.82 CAN 33.14 NODO 15

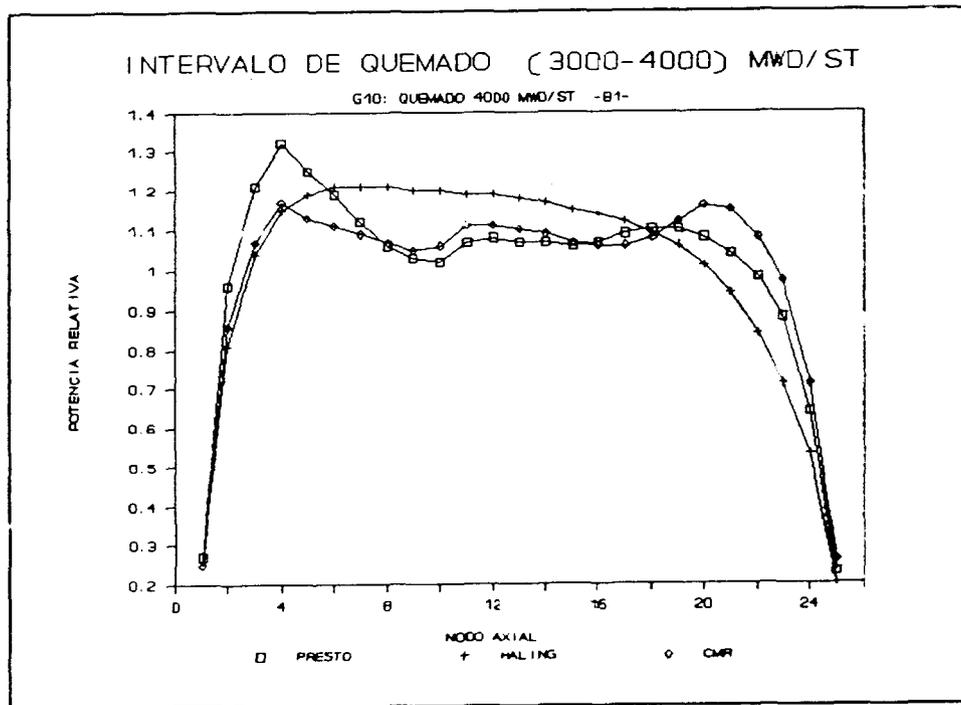
MCPR 1.46 CAN 29.14 NODO 24

DBC^{PROF} 504 DBC PPROF 568

F. PASO EXPOSICION: 3000 MWD/ST POTR/NE 1.17

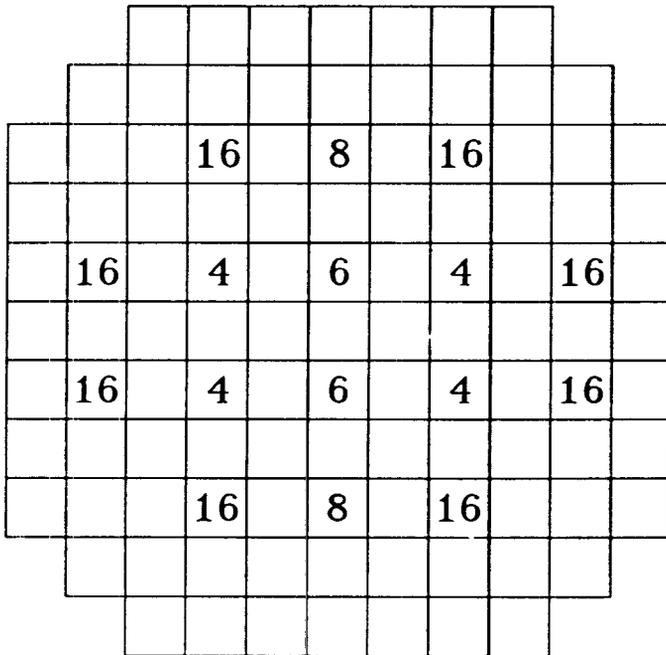


Graf. 11 Principio del paso de quemado de 3000-4000 MWD/MT.



Graf. 12 Fin del paso de quemado de 3000-4000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 3000 A 4000 MWD/ST



SECUENCIA B-1

KEFF T 0.99868

KEFF 0.99815

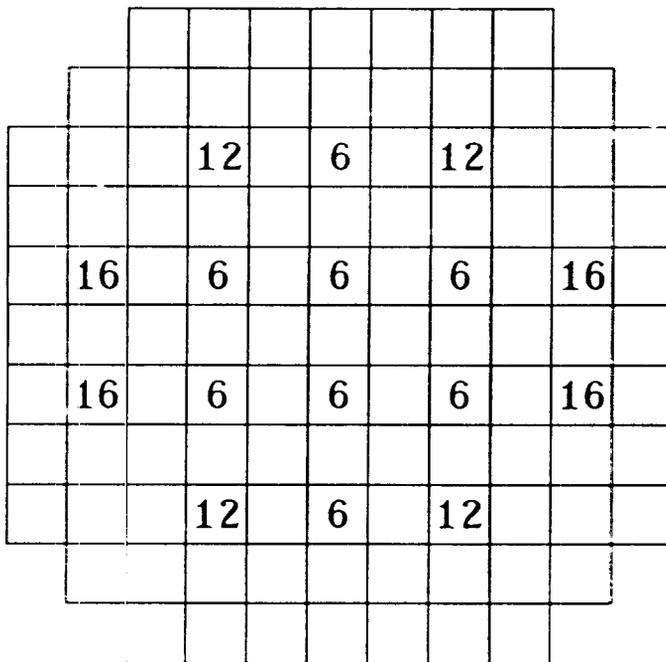
MLHGR 379.1 CAN 27,16 NODO 4

MCFHR 2.29 CAN 25,14 NODO 21

MCPR 1.47 CAN 27,16 NODO 24

DBC^{PROF} 596 DBC PPROF 596

P. PASO EXPOSICION: 3000 MWD/ST POTR/N3 1.19



SECUENCIA B-1

KEFF T 0.99869

KEFF 0.99845

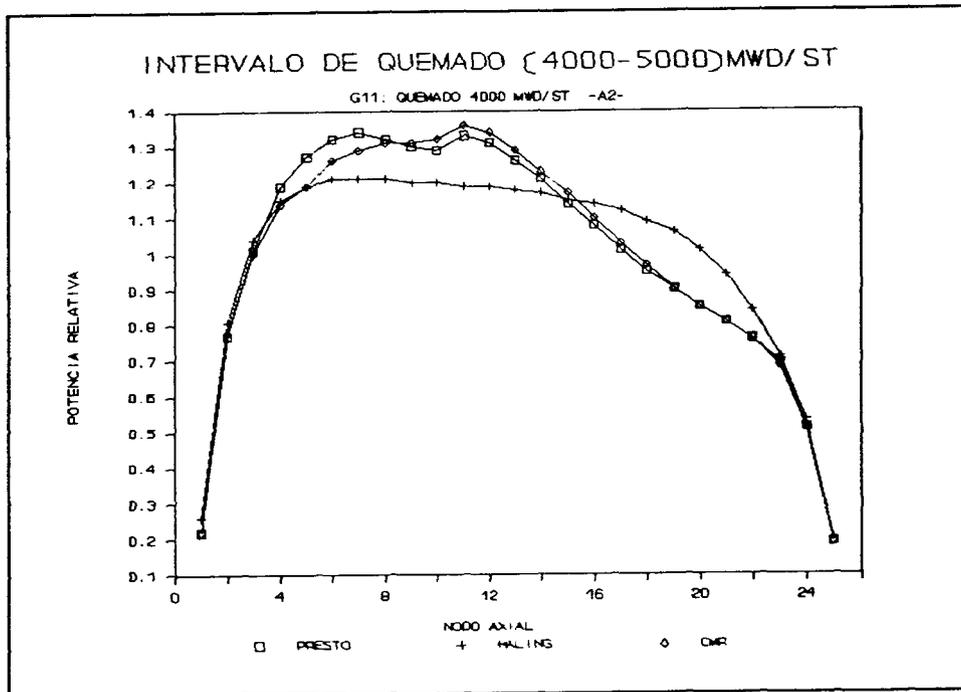
MLHGR 391.5 CAN 35,14 NODO 4

MCFHR 2.39 CAN 27,16 NODO 22

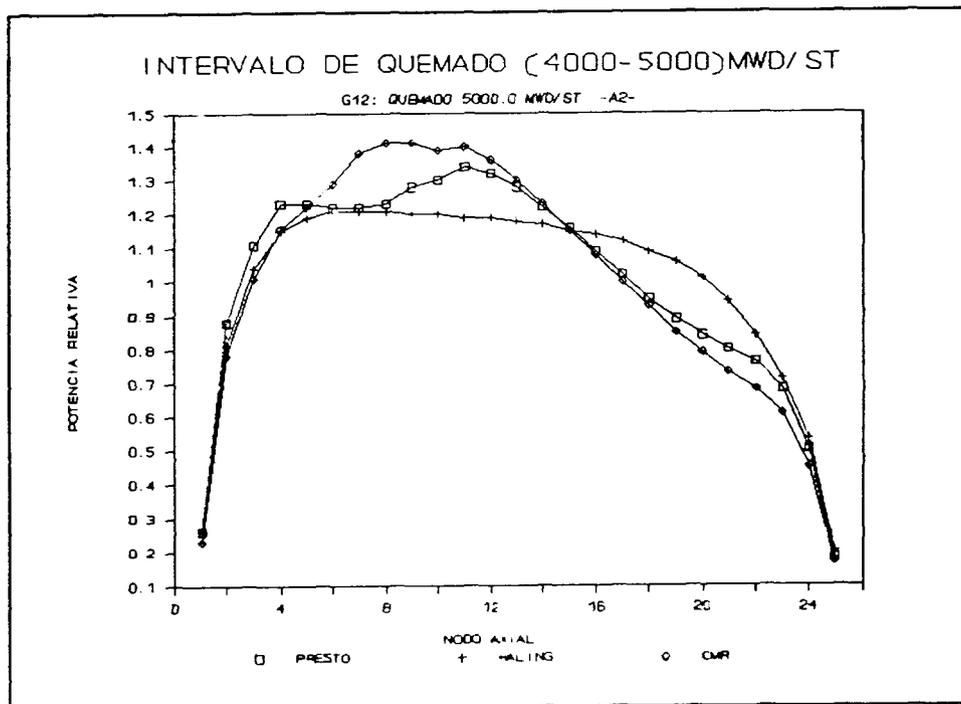
MCPR 1.49 CAN 27,16 NODO 25

DBC^{PROF} 608 DBC PPROF 608

F. PASO EXPOSICION: 4000 MWD/ST POTR/N3 1.25



Graf. 13 Principio del paso de quemado de 4000-5000 MWD/MT.



Graf. 14 Fin del paso de quemado de 4000-5000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 4000 A 5000 MWD/ST

		32	8	32			
	32	6	4	6	32		
	8	4	6	4	8		
	32	6	4	6	32		
		32	8	32			

SECUENCIA A-2

KEFF T 0.99708

KEFF 0.99736

MLHGR 394.1 CAN 25.18 NODO 4

MCFHR 2.82 CAN 31.10 NODO 14

MCPR 1.50 CAN 27.12 NODO 24

DBC^{PROF} 546 DBC^{PPROF} 674

P. PASO EXPOSICION: 4000 MWD/ST POTR/N3 1.07

		32	4	32			
	32	6	6	6	32		
	4	6	4	6	4		
	32	6	6	6	32		
		32	4	32			

SECUENCIA A-2

KEFF T 0.99711

KEFF 0.99797

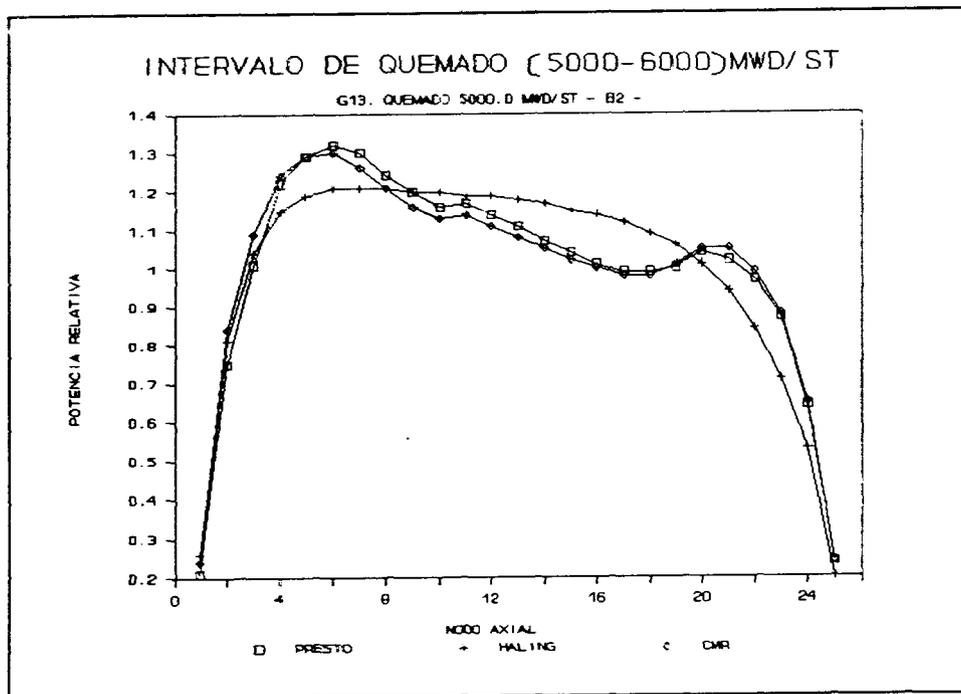
MLHGR 387.5 CAN 25.18 NODO 5

MCFHR 2.78 CAN 31.10 NODO 14

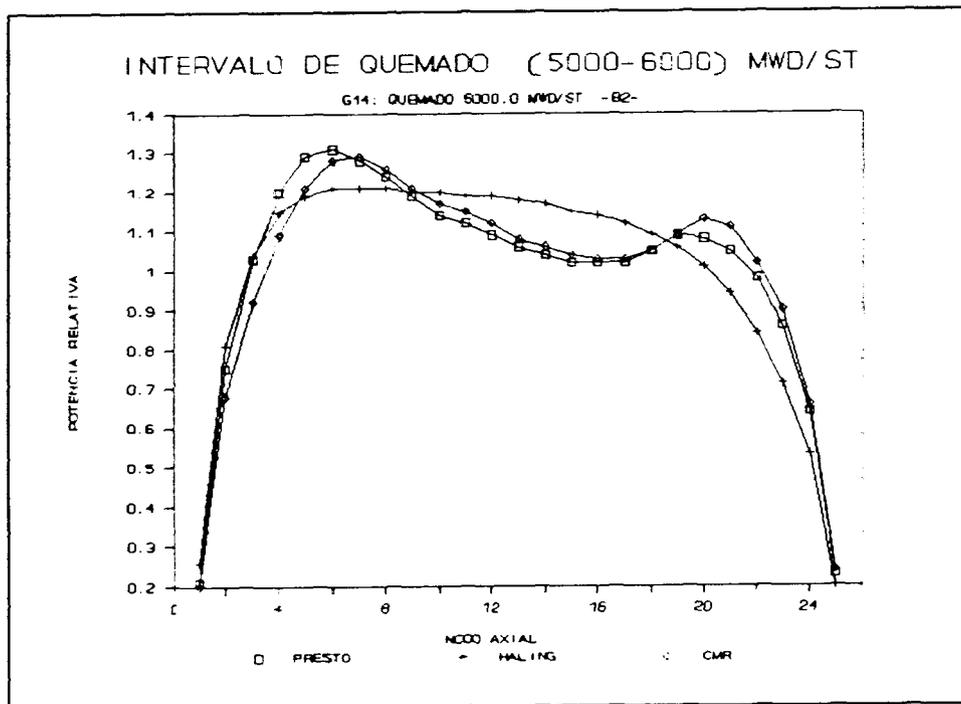
MCPR 1.50 CAN 27.12 NODO 24

DBC^{PROF} 556 DBC^{PPROF} 684

F. PASO EXPOSICION: 5000 MWD/ST POTR/N3 1.07



Graf. 15 Principio del paso de quemado de 5000-6000 MWD/MT.



Graf. 16 Fin del paso de quemado de 5000-6000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 5000 A 6000 MWD/ST

			10		10		
		38			38		
	10		6		6		10
42		42			42		42
	10		6		6		10
42		42			42		42
	10		6		6		10
		38			38		
			10		10		

SECUENCIA B-2

KEFF T 0.99681

KEFF 0.99639

MLHGR 389.3 CAN 29,18 NODC 6

MCFHR 2.40 CAN 31,20 NODC 21

M CPR 1.46 CAN 31,20 NODC 24

DBC^{PROF} 632 DBC^{PPROF} 720

P. PASO EXPOSICION: 5000 MWD/ST POTR/N3 0.97

			12		12		
		40			40		
	12		6		6		12
44		44			44		44
	6		12		12		6
44		44			44		44
	12		6		6		12
		40			40		
			12		12		

SECUENCIA B-2

KEFF T 0.99753

KEFF 0.99701

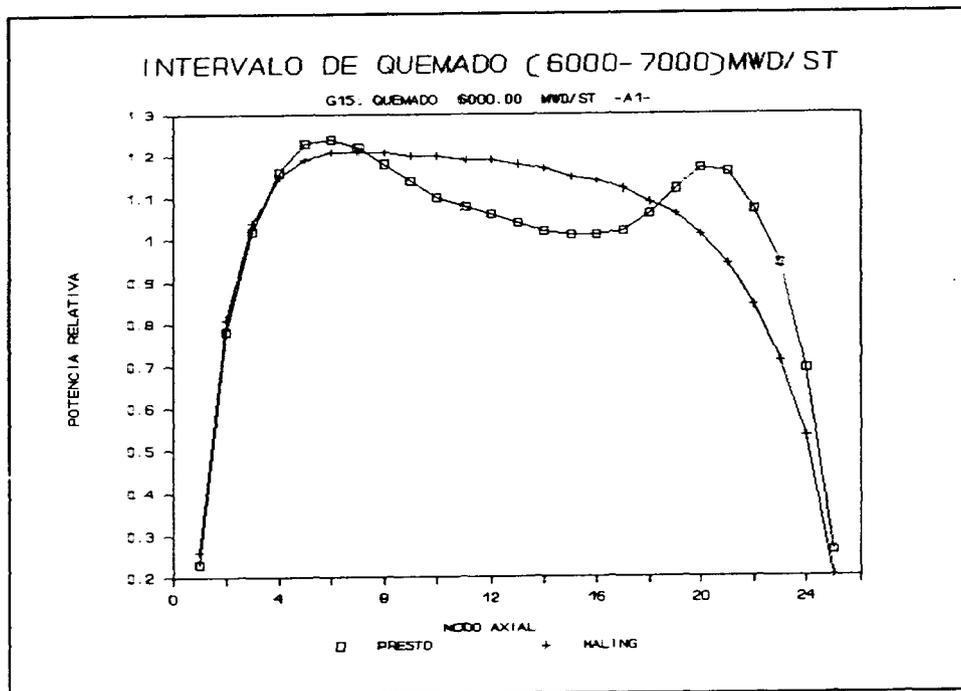
MLHGR 396.0 CAN 31,10 NODC 6

MCFHR 2.58 CAN 29,18 NODC 21

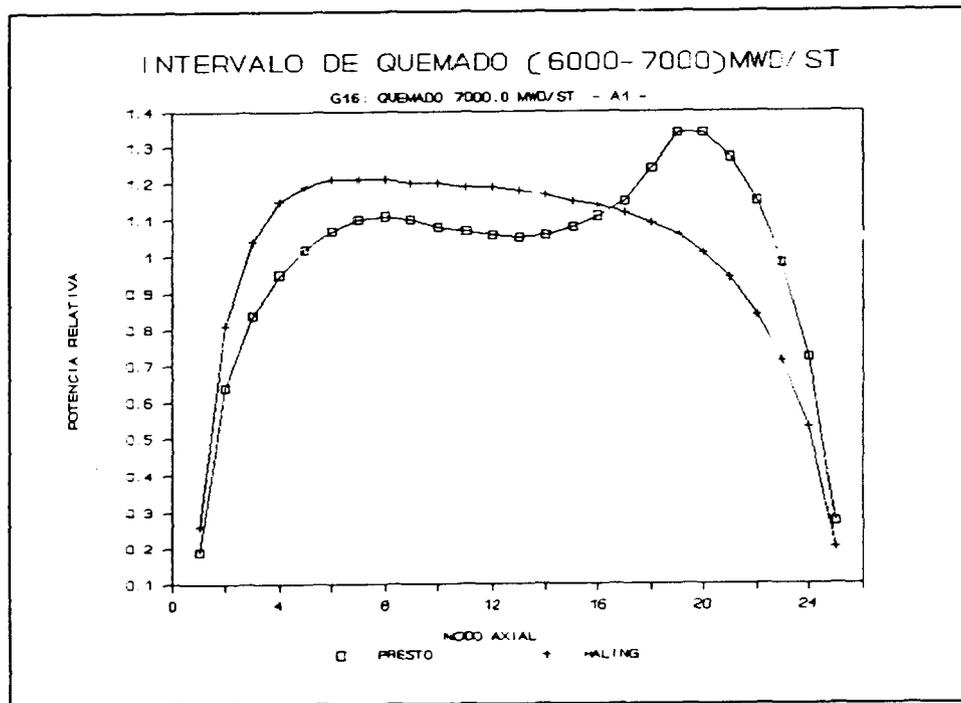
M CPR 1.51 CAN 31,12 NODC 24

DBC^{PROF} 612 DBC^{PPROF} 672

F. PASO EXPOSICION: 6000 MWD/ST POTR/N3 1.02

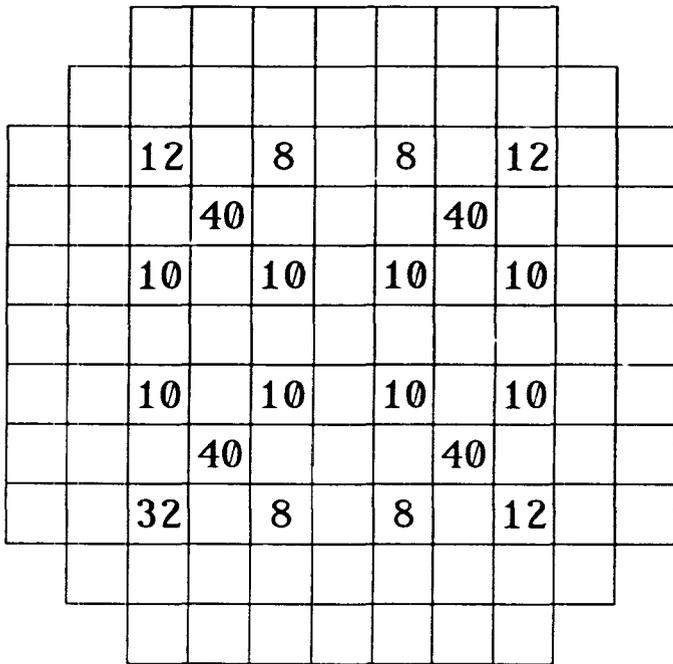


Graf. 17 Principio del paso de quemado de 6000-7000 MWD/MT.



Graf. 18 Fin del paso de quemado de 6000-7000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 6000 A 7000 MWD/ST



SECUENCIA A-1

KEFF ^T 0.99753

KEFF 0.99723

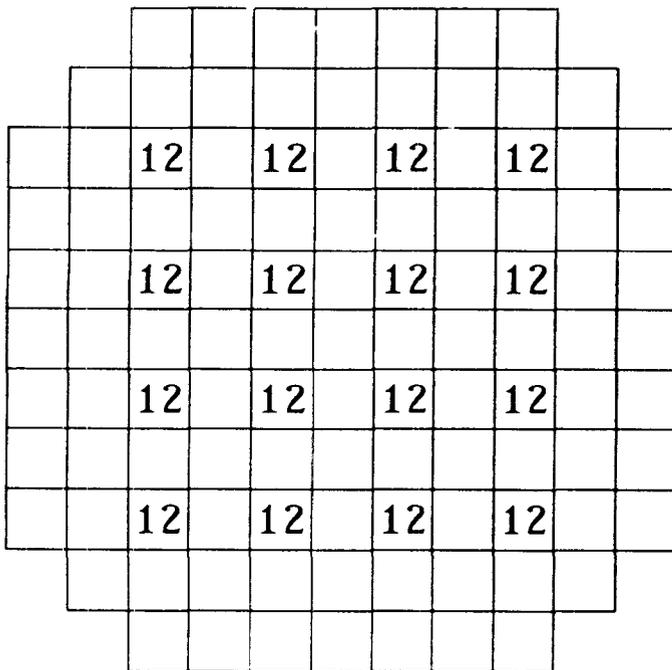
MLHGR 363.2 CAN 37,22 NODO 4

MCFHR 2.35 CAN 31,16 NODO 21

MCPR 1.49 CAN 31,16 NODO 24

DBC^{PROF} 608 DBC^{PPROF} 640

P. PASO EXPOSICION: 6000 MWD/ST POTR/N3 1.02



SECUENCIA A-1

KEFF ^T 0.99619

KEFF 0.99623

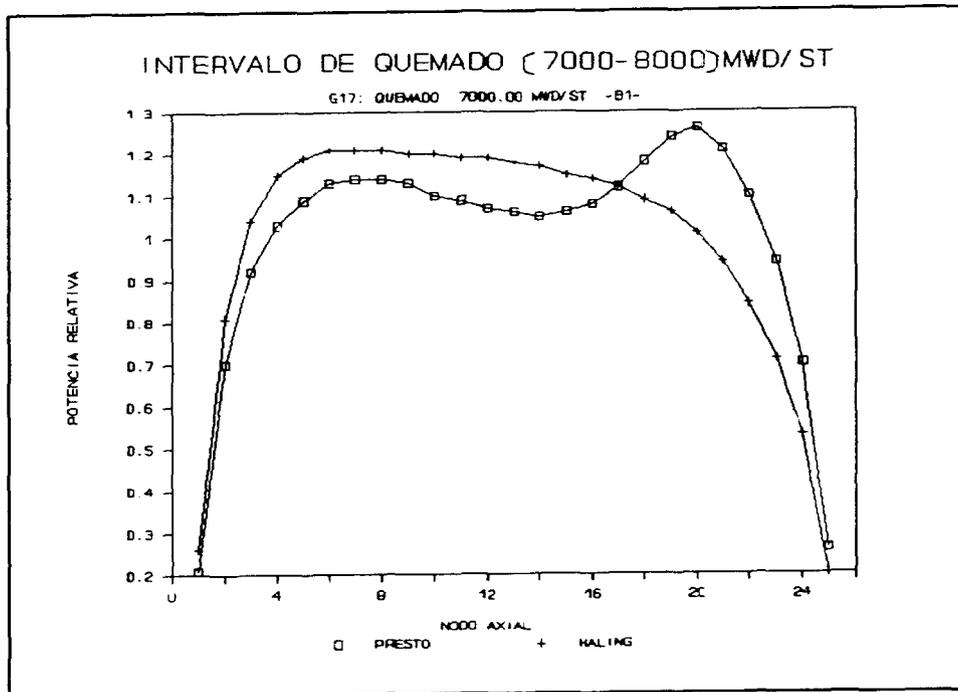
MLHGR 373.8 CAN 25,18 NODO 20

MCFHR 2.28 CAN 29,14 NODO 21

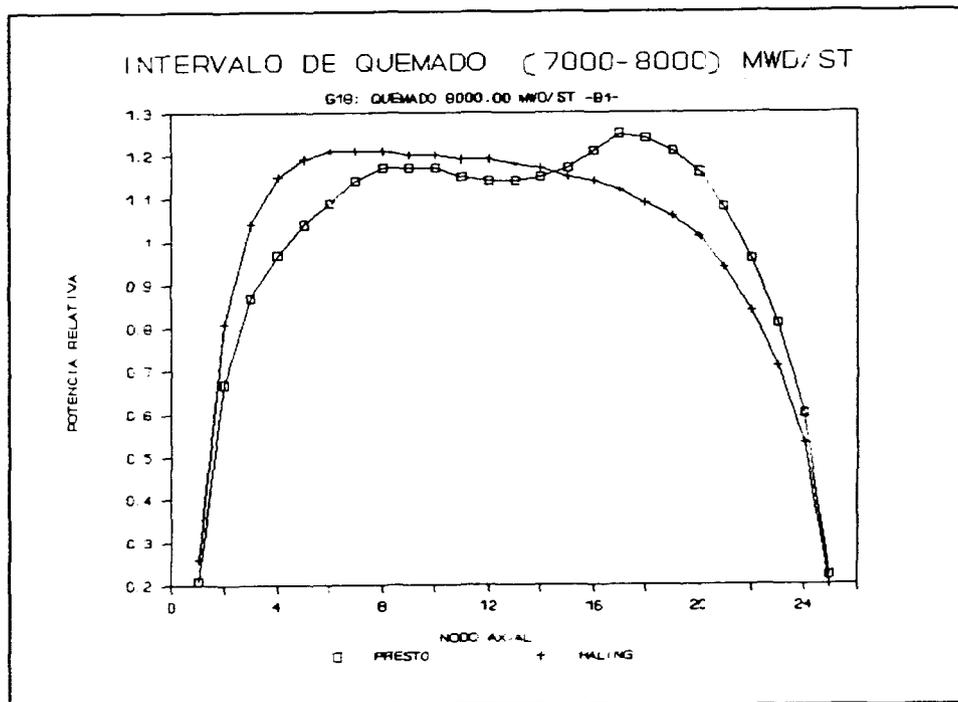
MCPR 1.56 CAN 29,14 NODO 25

DBC^{PROF} 576 DBC^{PPROF} 576

F. PASO EXPOSICION: 7000 MWD/ST POTR/N3 0.90

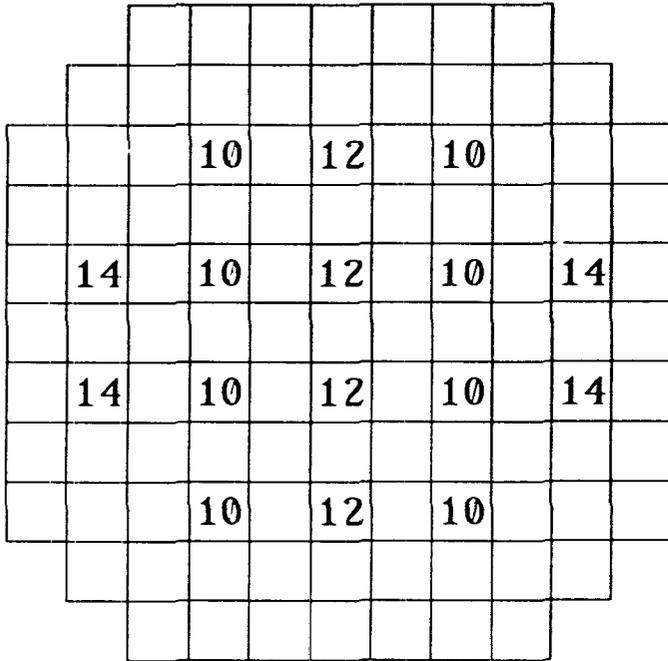


Graf. 19 Principio del paso de quemado de 7000-8000 MWD/MT.



Graf. 20 Fin del paso de quemado de 7000-8000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 7000 A 8000 MWD/ST



SECUENCIA B-1

KEFF ^T 0.99619

KEFF 0.99546

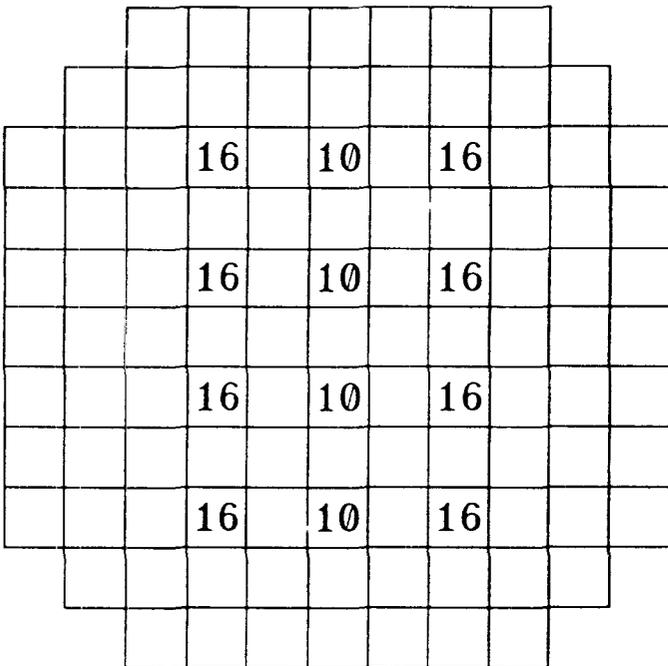
MLHGR 344.0 CAN 35,12 NODO 5

MCFHR 2.43 CAN 27,16 NODO 21

MCPR 1.54 CAN 35,14 NODO 24

DBC ^{PROF} 584 DBC ^{PPROF} 584

P. PASO EXPOSICION: 7000 MWD/ST POTR/N3 0.97



SECUENCIA B-1

KEFF ^T 0.99486

KEFF 0.99417

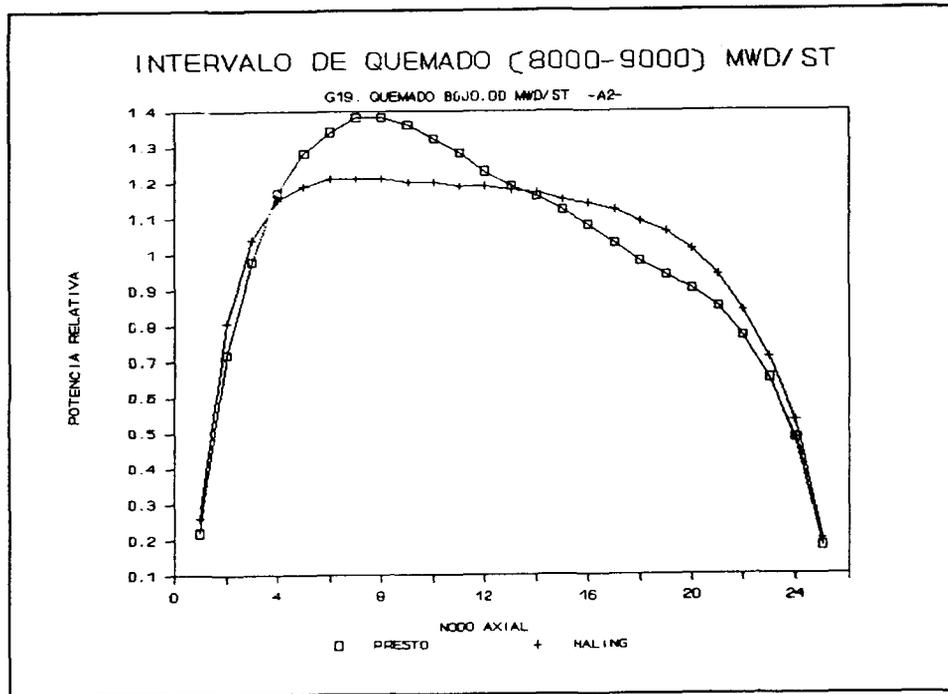
MLHGR 370.6 CAN 37,20 NODO 5

MCFHR 2.51 CAN 35,22 NODO 19

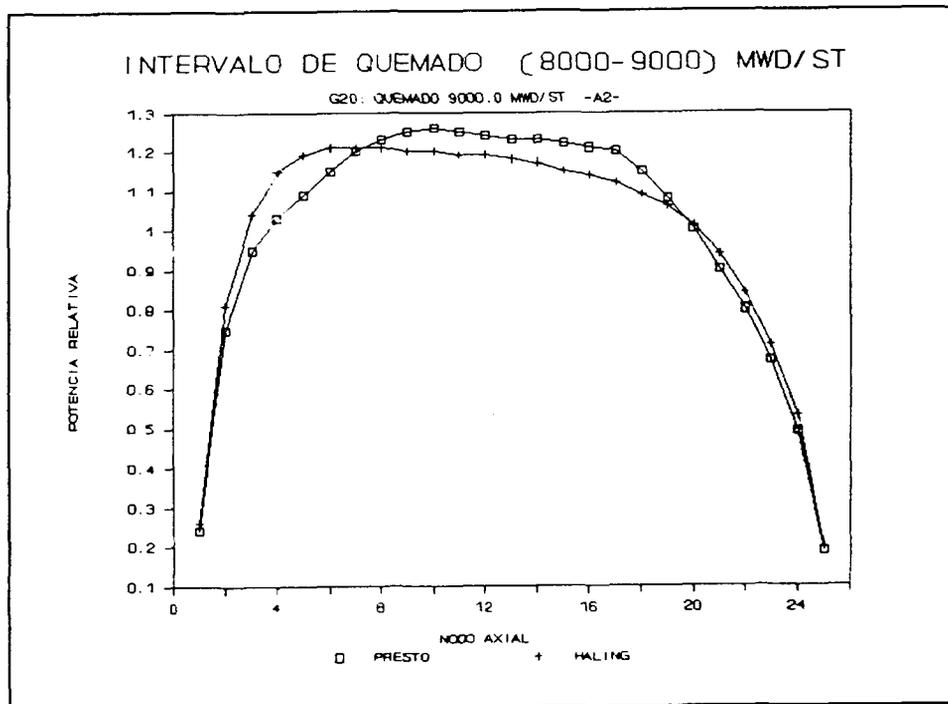
MCPR 1.48 CAN 35,22 NODO 24

DBC ^{PROF} 408 DBC ^{PPROF} 408

F. PASO EXPOSICION: 8000 MWD/ST POTR/N3 0.92

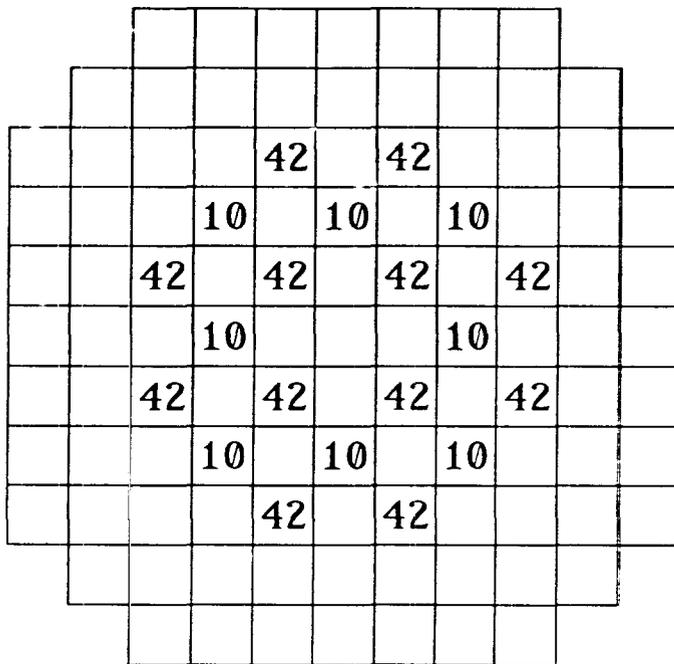


Graf. 21 Principio del paso de quemado de 8000-9000 MWD/MT.



Graf. 22 Fin del paso de quemado de 8000-9000 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 8000 A 9000 MWD/ST



SECUENCIA A-2

KEFF T 0.99486

KEFF 0.99477

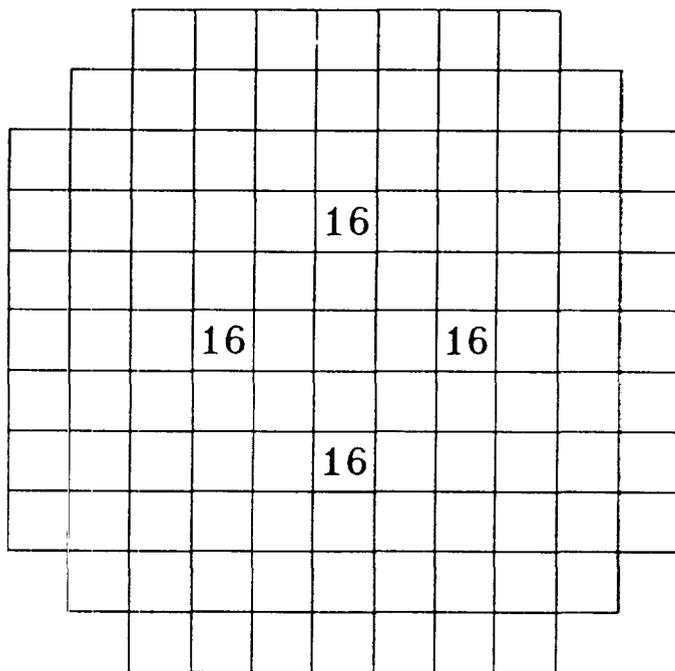
MLHGR 390.6 CAN 37.20 NODO 6

MCFHR 3.09 CAN 37.20 NODO 6

MCPR 1.56 CAN 29.22 NODO 24

DBC^{PROF} 304 DBC^{PPROF} 376

P. PASO EXPOSICION: 8000 MWD/ST POTR/N3 1.00



SECUENCIA A-2

KEFF T 0.99353

KEFF 0.99265

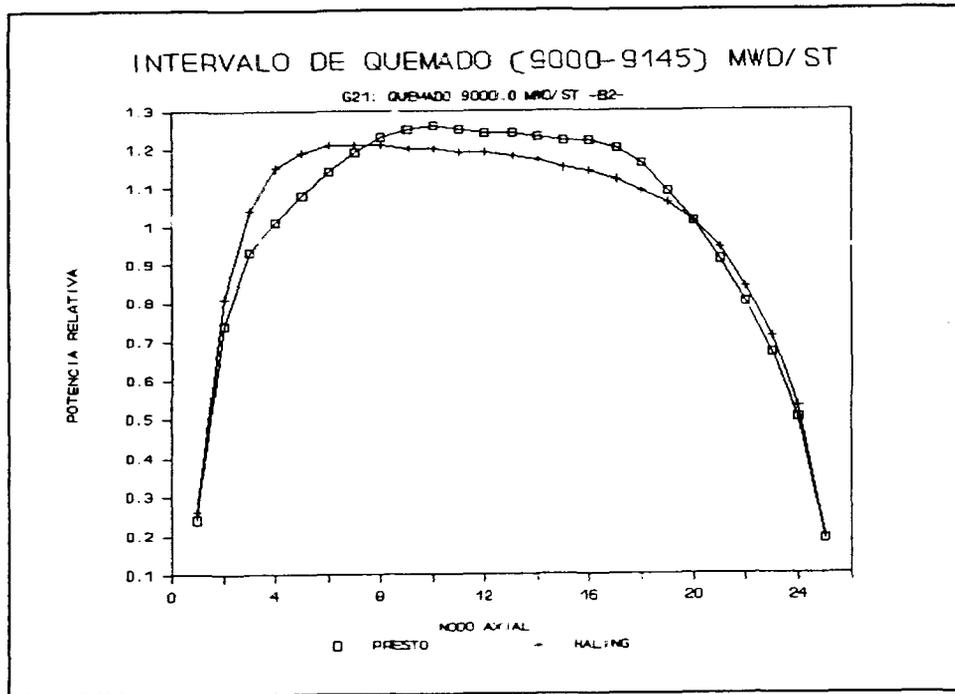
MLHGR 321.3 CAN 35.16 NODO 8

MCFHR 2.99 CAN 29.14 NODO 18

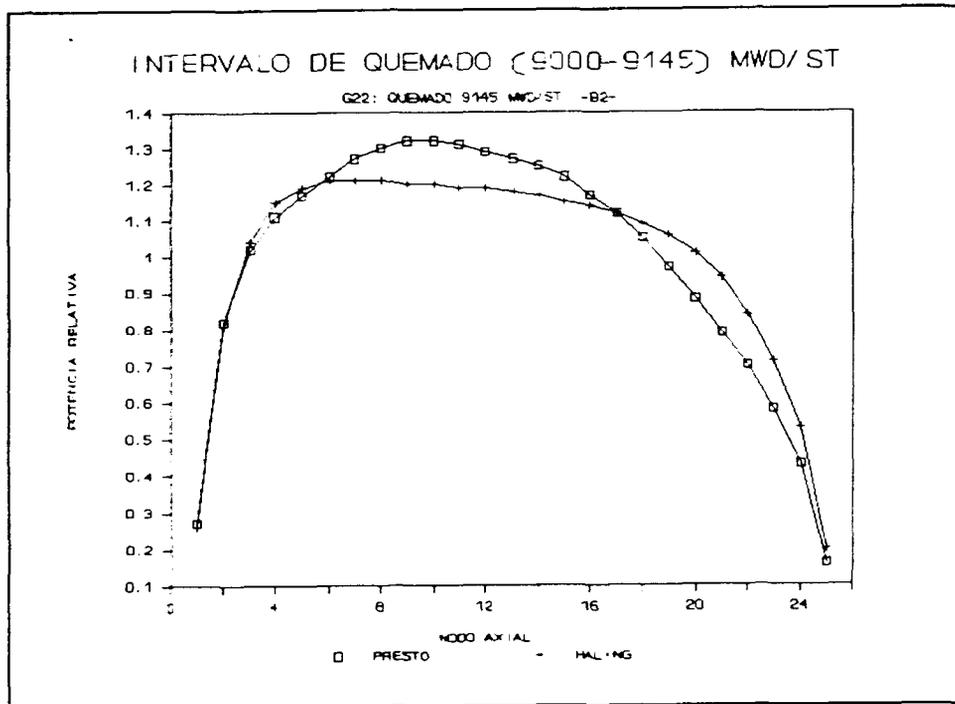
MCPR 1.62 CAN 29.22 NODO 24

DBC^{PROF} 128 DBC^{PPROF} 128

F. PASO EXPOSICION: 9000 MWD/ST POTR/N3 0.99

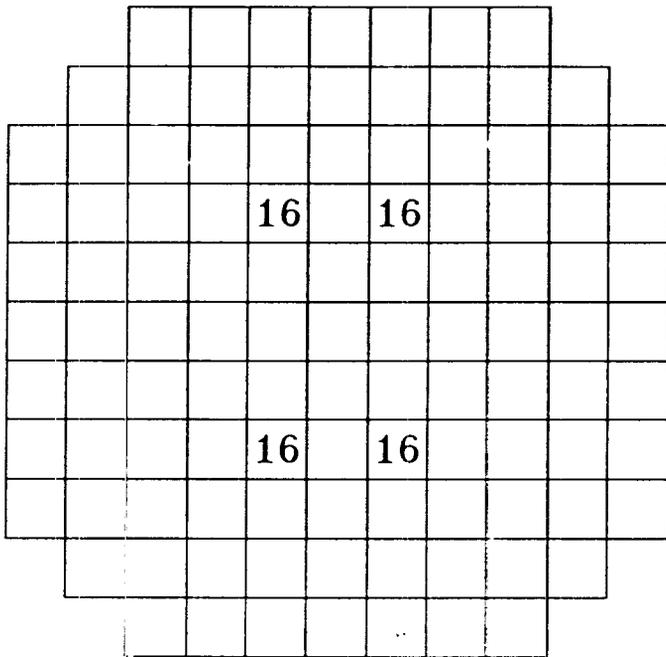


Graf. 23 Principio del paso de quemado de 9000-9145 MWD/MT.



Graf. 24 Fin del paso de quemado de 9000-9145 MWD/MT.

INTERVALO DE EXPOSICION: 9000 A 9145 MWD/ST



SECUENCIA B-2

KEFF T 0.99353

KEFF 0.99280

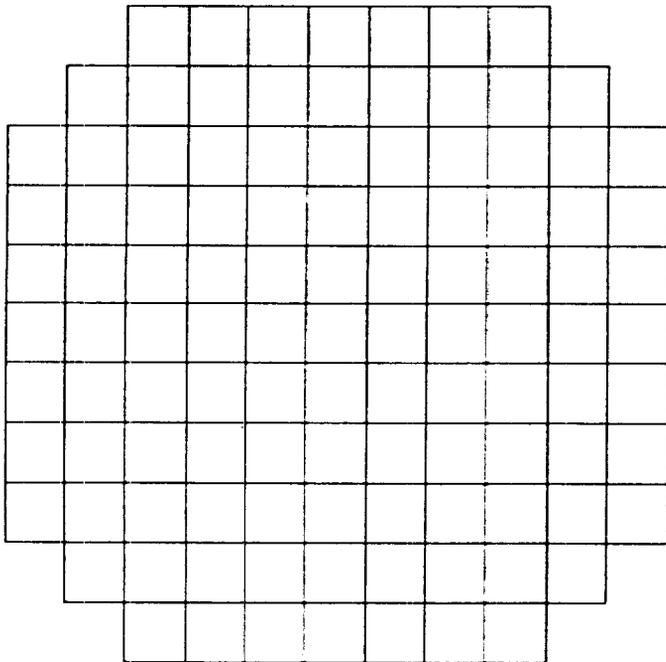
MLHGR 334.5 CAN 35.22 NODO 8

MCFHR 2.98 CAN 31.20 NODO 17

MCPR 1.61 CAN 27.16 NODO 24

DBC^{PROF} 128 DBC^{PPROF} 128

P. PASO EXPOSICION: 9000 MWD/ST POTR/N3 0.97



SECUENCIA B-2

KEFF T 0.99334

KEFF 0.99555

MLHGR 332.9 CAN 31.16 NODO 9

MCFHR 3.03 CAN 27.16 NODO 16

MCPP 1.62 CAN 27.16 NODO 24

DBC^{PROF} 0 DBC^{PPROF} 0

F. PASO EXPOSICION: 9145 MWD/ST POTR/N3 1.05

6.0 CONCLUSIONES.

Para un carga convencional de combustible en el núcleo de un reactor BWR, en la cual la función del total de las barras de control es fundamental en el proceso de optimización segura del quemado de combustible, es imprescindible la predicción del movimiento de las barras de control.

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron logrados en base al principio de optimización antes mencionado.

Se han atendido básicamente los criterios de seguridad, simplicidad y eficiencia de los patrones de barras de control que tienen su representación en los parámetros objetivo seguidos durante la operación del reactor: márgenes de límites térmicos, patrones simétricos uniformemente dispersos y ajuste a la forma de la potencia axial Haling dentro de la estrategia seguida.

Los resultados obtenidos han permitido validar la metodología de ScandPower para la obtención de los patrones de barras de control a plena potencia de un reactor BWR.

El hecho de considerar el sobrequemado de la parte baja del núcleo durante la primera mitad del ciclo en el proceso de obtención de los PBC a plena potencia permitió predecir una extensión en la longitud de éste en 8.4 días a plena potencia del reactor misma que, evaluada económicamente (1991), representa una plusvalía directa aproximada de operación de 1 millón de dólares (USA) diarios. Por lo tanto, si el reactor operase bajo las condiciones establecidas en el presente estudio, se podría esperar un ahorro de 8.4 millones de dólares en la producción de energía en el ciclo de operación de la planta analizado.

7.0 REFERENCIAS.

- [1] Laguna verde Cycle-1, Cycle Management Report; R.N. Anderson, G. Calleros M.; November 1986
- [2] NEDO-24810; Volume 1; chapter 23; Control Rod Pattern and Sequence Development.
- [3] Simulación con el programa PRESTO del primer ciclo de operación del reactor de Laguna Verde de acuerdo al documento CMR de General Electric (GE) utilizando el banco POLGEN CNLV0501 y la entrada de datos L_BASCO200.DAT; R. Perusquía del C., G. Naffah K., S.A. Serrano M.; octubre de 1989.
- [4] Draft Technical procedure control rod pattern development, Prepared for CFE by Scandpower Inc.; John P. Rea, S. Borresen, July 14, 1989.
- [5] Automated control rod programming in boiling water reactor cores; Wan-Il zhong and J. Weisman. University of Cincinnati Department of Chemical and Nuclear Engineering, Cincinnati, Ohio 45221. December 8, 1983. Nuclear Technology Vol. 65, June 1984.
- [6] User Manual for PRESTO FMS VOLUME II S. Borresen. L. Moberg, T.O. Sauer, Scandpower A/S sk/akn/es 1 March 1983.
- [7] Cálculo de los datos termohidráulicos (511000) para el combustible GE6; C. Torres A., H. Ocampo M., C.C. Cortés C., J.L. Montes T.; Febrero/1991.
- [8] Memoria de cálculo GCM/005/JANYA/88
- [9] Memorias de cálculo GAO/1/ANR/102990/0007 y GAO/1/ANR/110990/0008.

8.0 ANEXOS

ANEXO A. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS DATOS DE ENTRADA USADOS EN PRESTO. [6]

La descripción de los datos de entrada utilizados en las simulaciones con el programa PRESTO se describen en el orden como aparecen en el archivo de datos de entrada.

Tarjetas del grupo 1.

Tarjeta 100000: Identificación del problema.

ITITLE "Búsqueda de patrones de barras de control a plena potencia para el ciclo inicial del reactor de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde Unidad Uno."

Tarjeta 110000: Opciones de cálculo.

NOP	22	Número de opciones especificadas en esta tarjeta.
IOPT(1)	0	Indica que es un caso que no toma información de algún caso precedente ejecutado con PRESTO.
IOPT(2)	1	Las distribuciones de potencia y flujo son inicializadas a la unidad. Estas distribuciones no son tomadas de algún caso precedente.
IOPT(3)	1	Se ejecuta un cálculo de potencia-vacío en estado estacionario al inicio y al final del intervalo de quemado.
IOPT(4)	0	El modelo termohidráulico se incluye en el cálculo.
IOPT(5)	0	Se considera la condición de equilibrio local del xenón.
IOPT(6)	0	Se considera una corrección por el efecto de la temperatura del combustible (efecto Doppler).
IOPT(7)	0	Se asume que la influencia de las barras de control sobre la K_{mf} se toma en cuenta al adicionar un término de corrección, $\Delta\Sigma_{a,2}$ a la sección eficaz de absorción del grupo térmico. ^{[6].B-02.P.11}
IOPT(8)	5	Se usan secciones eficaces en dos grupos de energía para cada nodo, que se toman de los coeficientes de los polinomios generados por el programa POLGEN.
IOPT (9)	0	No se realiza investigación de criticidad.

IOPT(10)	1	La razón de flujo de refrigerante se da como dato de entrada en la tarjeta 600000.
IOPT(11)	0	No se hace ninguna corrección debida a la fracción de vacíos en el canal de "bypass".
IOPT(12)	0	Opción reservada.
IOPT(13)	1	La distribución de la densidad isotópica para un isótopo "general" en el cálculo gama-scan se inicializa a cero.
IOPT(14)	0	Reservada.
IOPT(15)	1	Igual que IOPT(13) pero aplicada a Ba-140.
IOPT(16)	0	No se realiza cambio automático de geometría.
IOPT(17)	1	Las posiciones de las barras de control se dan en muescas (notches) donde; 48 muescas = totalmente extraída y 0 muescas = totalmente inserta.
IOPT(18)	1	El subenfriamiento de entrada al núcleo se da directamente como entrada.
IOPT(19)	0	Se usa el modelo de transitorio del Samario.
IOPT(20)	0	No se calcula margen de parada.
IOPT(21)	0	Ningún ensamble de combustible se reemplaza por agua.
IOPT(22)	0	El arreglo de la carga del núcleo. IFM, se toma de un archivo de reinicio para casos de continuación.

Tarjeta 120000: Opciones de salida.

NOP	11	Número de valores especificados en esta tarjeta.
IOUT(1)	0	Cálculo normal.
IOUT(2)	0	Un archivo de datos del estado del reactor (archivo de reinicio) se produce en forma binaria al final del cálculo. Se usa también en casos de continuación.
IOUT(3)	0	Impresión estándar en el archivo de salida.
IOUT(4)	0	Opción estándar de impresión.

IOUT(5)	0	No se requiere información sobre la historia de movimientos del combustible dentro del reactor.
IOUT(6)	0	Reservada.
IOUT(7)	0	Impresión estándar para el caso Xe-dinámico.
IOUT(8)	0	No se produce archivo especial para el programa POSHO (análisis del diseño del combustible).
IOUT(9)	0	Salida estándar por ensamble para quemado, potencia, vacíos, etc..
IOUT(10)	0	No se produce archivo de límites.
IOUT(11)	0	No se produce información de combustible descargado.

Tarjeta 130000: Opciones de mapas impresos en la salida.

NOP 21 Núm. de opciones especificadas en esta tarjeta.

Los valores de IMAP(I) pueden ser 0,1,2,o 3 donde:

IMAP(I) = 0 No se imprime la distribución I.

IMAP(I) = 1 Se imprime el mapa X-Y para la distribución I.

IMAP(I) = 2 Se imprime el mapa X-Y más la distribución axial de I.

IMAP(I) = 3 Como en el caso anterior más información individual para los ensambles especificados en la tarjeta 840000.

IMAP(1)	2	Mapa de la identificación de los canales de combustible.
IMAP(2)	1	Núm. de identificación de los ensambles de combustible (IFM).
IMAP(3)	1	Mapa de las regiones radiales(IREG).
IMAP(4)	1	Mapa de identificación de las barras de combustible (NKNR).
IMAP(5)	1	Mapa del tipo de estrangulamiento asociado a cada canal de combustible (NHTD).
IMAP(6)	1	Mapa de identificación de las cortinas absorbedoras de neutrones (ICURT).
IMAP(7)	3	Distribución del quemado de combustible MWD/MT.

IMAP(8)	3	Distribución de la potencia relativa por canal.
IMAP(9)	1	Distribución del flujo de refrigerante (kg/set)
IMAP(10)	3	Distribución de la fracción de vacíos en el núcleo.
IMAP(11)	3	Distribución de vacíos pesados por quemado.
IMAP(12)	1	Distribución de la razón de potencia pico a la promedio por ensamble.
IMAP(13)	1	Distribución del agotamiento de las barras de combustible.
IMAP(14)	3	Fracción de control pesada por quemado.
IMAP(15)	0	No se da la distribución del Ba-140 o algún isótopo "general" para el cálculo de gama-scan.
IMAP(16)	3	Distribución o mapa de los factores de pico de potencia totales.
IMAP(17)	3	Mapa o distribución del mínimo CHF _R (razón del flujo crítico de calor).
IMAP(18)	3	Mapa o distribución de la K_{inf} .
IMAP(19)	3	Razones de los límites ECCS, se reportan los canales con los doce valores máximos.
IMAP(20)	3	Distribución del límite de generación lineal de calor (LHGR); se reportan los canales con los doce valores máximos.
IMAP(21)	3	Distribución del límite FLDP; se reportan las doce posiciones limitantes.

Tarjeta 200000: Datos de la geometría del núcleo.

IMAX	11	Núm. máximo de nodos en la dirección I (PRESTO usa I para denotar la dirección Y en el plano X-Y).
JMAX	11	Núm. máximo de nodos en la dirección J (PRESTO usa J para denotar la dirección X en el plano X-Y).
KMAX	25	Número de nodos axiales.
ISYM	5	Identificador de la simetría del núcleo; simetría de espejo de un cuarto del núcleo.
KANTOT	444	Indica el número total de canales de combustible en el núcleo del reactor.

KAN 111 Número de canales considerados en el problema.

NBE 17 Número de canales sobre la periferia (tomados con respecto a la cantidad de ensamblés (KAN) considerada en el problema.

Tarjetas 201000 y 202000: Mapa de las coordenadas del núcleo.
 Estas tarjetas a excepción de las demás usan un formato: 10X,14A5.

(ICOOOR(I),JCOOR(J))

I = 1..IMAX

ICOOOR(I): (22) (20) (18) (16) (14) (12) (10) (08) (06) (04) (02)

J = 1..JMAX

ICOOOR(J): (23) (25) (27) (29) (31) (33) (35) (37) (39) (41) (43)

ICOOOR(I) Se especifica en la tarjeta 201000.
 JCOOR(J) Se especifica en la tarjeta 202000.

Tarjeta 210000: Especificación de la forma del núcleo.

(IX(1),JY(L); L=1..NBE

```

1 11  2 11  3 11  4 11  5 11  6 11  7 11
8 10  9  9 10  8 11  1 11  2 11  3 11  4
11 5  11 6 11 7
```

Nota: El sexto dígito en el número de identificación de la tarjeta denota una tarjeta de continuación.

IX Coordenada I de un canal periférico.

JY Coordenada J de un canal periférico.

Tarjeta 220000: Dimensiones de los nodos.

DX 15.24 Ancho del nodo (cm).

DZ 15.24 Altura del nodo (cm).

Tarjeta 230000: Especificación de las regiones radiales.

MJ1	MJ2	IREG(I); I=MJ1..MJ2
1	11	1 1 1 1 1 1 1 2 3 4 5
12	22	1 1 1 1 1 1 2 2 3 4 5
23	33	1 1 1 1 1 1 2 2 3 4 5
34	44	1 1 1 1 1 2 2 3 3 4 5
45	55	1 1 1 1 1 2 2 3 3 4 5
56	66	1 1 1 2 2 2 2 3 4 4 5
67	77	1 2 2 2 2 2 3 4 4 4 5
78	87	2 2 2 3 3 3 4 4 4 5
88	96	3 3 3 3 3 4 4 4 5
97	104	4 4 4 4 4 4 4 5
105	111	5 5 5 5 5 5 5

- MJ1 Índice de número de canal
- MJ2 Índice de número de canal (MJ2 > MJ1)
- IREG(I) Núm. de región asignada al canal I

Tarjetas del grupo 3. Componentes del núcleo.

Tarjeta 300000:

- NFTY 3 Número total de tipos de combustible.
- NHTR 3 Número de tipos de estrangulamiento hidráulico.
- NSPK 7 Número de espaciadores axiales.
- KRR 33 Número de barras de control que entran por la parte inferior del núcleo (en el cuarto de núcleo).
- NROD 0 Número de barras de control a ser reemplazadas con barras frescas.

Tarjeta 310000: Localización de los espaciadores axiales.

ISPACE(I); I=1..NSPK

4 7 10 17 20 24

ISPACE Índice del nodo axial.

:

MJ1	Índice de número de canal.
MJ2	Índice del número de canal (MJ2 > MJ1)
IFM(I)	Número de identificación del ensamble de combustible.
NKNR(I)	Barra de control asociada al elemento combustible IFM(I).
NHTD(I)	Tipo de estrangulamiento hidráulico asociado al elemento IFM(I).
NOTA:	Cuando algún ensamble de combustible no tiene asociada ninguna barra de control debe asignarsele un número de barra no existente.

Tarjeta del grupo 4. Datos nucleares.

Tarjeta 400000: ^{161,C-02,P.47}

CRITK	1.0	K_{eff} del núcleo crítico.
BG21	0.0	Buckling cuadrado (cm ⁻²) para el grupo 1.
BG22	0.0	Buckling cuadrado (cm ⁻²) para el grupo 2.
AB1	0.0	Factor de corrección del gradiente de flujo neutrónico para el grupo 1.
AB2	0.0	Factor de corrección del gradiente de flujo neutrónico para el grupo 2.
DREF	1.5	Coefficiente de difusión del reflector lateral.

Tarjeta 401000: Datos de la correlación de vacíos en el reflector lateral. ¹⁶¹

CREF	-0.0667	Coefficiente en la relación entre el albedo (BL) y el coeficiente de difusión.
DAVER	1.628	Coefficiente de difusión promedio en los nodos adyacentes al reflector lateral en el plano (F(x,y)=cte) donde se calculan los albedos.

Tarjeta 402000: Coeficientes para las opciones de búsqueda de criticidad.

QCOEF	-2.0E-11	Coefficiente de reactividad de potencia $\frac{\Delta K}{\Delta QTH}$
HYCOEF	1.0E-7	Coefficiente de reactividad de flujo.

DEDK -1.0E5 Coeficiente para la opción de investigación Haling; $\frac{\Delta E}{\Delta K}$ al final del ciclo (EOC)

Tarjeta 403000: Datos para el agotamiento de la barra de control.

CRCO(I) Coeficientes para el cálculo del quemado de la barra de control.

CRCO(1) 1.64E-6 Para la condición caliente (C_{CR})

CRCO(2) 0.9E-6 Para la condición fría (C_{CR})

CRCO(3) -3.092E-3 Coeficientes en el polinomio del agotamiento del B^{10} .

CRCO(4) 3.29E-8

C_{RC} Constantes fijas.

Tarjeta 404000:

TOLIM 0.0 Indica que el flujo térmico nodal promedio se calcula de acuerdo con el modelo No. 2 ^{[6].B-01.P.3}

CRMUL 0.95 Multiplicador del valor de la barra de control. (Para tomar en cuenta el efecto de los cuatro ensambles más cercanos que interactúan con una barra de control ^{[6].C-02.P.50})

Tarjeta 411000: Parámetros de los reflectores superior e inferior.

I	AVTF(I)	AVBF(I)	BETF(I)	BEBF(I)	AVBC(I)
1	0.2628-1	-0.6013-1	13.80	14.59	0.1695-1
2	0.1867-1	-0.2369	14.57	19.27	-0.1486
3	0.5995-2	-0.3307	14.77	21.58	-0.2225

I Número del tipo de combustible.

AVTF(I) Albedo del reflector superior para el tipo I de combustible.

AVBF(I) Albedo del reflector inferior para el tipo I de combustible.

BETF(I) Longitud de extrapolación efectiva del reflector superior para el combustible tipo I (cm).

BEBF(I) Longitud de extrapolación efectiva del reflector inferior para el combustible tipo I (cm).

AVBC(I) Albedo inferior para el combustible tipo I cuando se considera la inserción de la barra de control.

Tarjeta 420000:

BL(I); I=1..NBE

.07217 .07219 .07216 .07190 .07071 .06959 .1325
.1379 .1396 .1382 .07291 .07291 .07281 .07243
.07112 .06985 .1329

BL Parámetro No. 1 del reflector lateral ($\frac{\eta}{\lambda_{eff}}$)

NBE Número total de ensambles en la periferia del núcleo (en el cuarto del núcleo).

Tarjeta 430000:

BE(I); I=1..NBE

.009230 .009166 .008995 .008652 .008001 .005740 .01340
.01225 .01311 .01224 .009164 .009097 .008942 .008594
.007952 .005692 .01339

BE Parámetro No. 2 del reflector lateral ($\frac{\beta}{h}$). [6], B-01,2; B-08,6

Tarjetas del grupo 5. Datos termohidráulicos y límites térmicos.

Tarjeta 500000:

TEX Línea de texto para identificación de los datos.

Tarjeta 511000: Datos hidráulicos por tipo de geometría.

I	1	Número del tipo de geometría hidráulica (a los tres tipos de combustible se les asignó la misma geometría estructural).
ACN(I)	0.0103	Area de flujo por el canal m ² [7]
PHN(I)	2.3896	Perímetro calentado m ^[7]
DCN(I)	0.0152	Diámetro hidráulico m ^[7]

Tarjeta 512000: Datos hidráulicos para el canal de "bypass"^[8] .

ACB 0.00426 Area de flujo del canal de "bypass".

DCB 0.03200 Diámetro hidráulico para el canal de "bypass".

Tarjeta 513000: Datos del balance de calor en el Downcomer.^[9]

HCR 1.745E5 Entalpía del flujo del controlador de la barra de control (J/kg)

WCR 2.394 Razón de flujo del controlador de la barra de control.

FCU 2.5E-3 Fracción de vapor en el downcomer.

FCM 0.001 Fracción de agua en la línea principal de vapor.

QCL 2.7E6 Potencia removida por el sistema desmineralizador-limpiador (W) ^{[6],B-03.P.4}

QRAD 1.1E6 Pérdida de calor radiativo desde la vasija del reactor (W).

Tarjeta 514000: Coeficientes de las funciones de respuesta del sistema. ^{[6],C-02,P.64b,64c;B-03.10}

CH(1) 1 Coeficientes para el polinomio que calcula la presión en el domo de vapor.

CH(2) 9

CH(3) 0.0 Coeficientes de la expresión que calcula la presión del núcleo.

CH(4) 0.0

CH(5) 0.161698 Coeficientes de la expresión con la que se calcula el calor de la bomba.

CH(6) 0.0188305

CH(7) 6.4E6

CH(8) 0.0

CH(9) 0.0 Coeficientes en el polinomio con el que se calcula la fracción del flujo de "bypass".

CH(10) 0.0

CH(11) 11.29E-2

Tarjeta 520000: Datos termohidráulicos.

R0 5.0E6 Coeficientes para el modelo de evaporación/condensación .

R1 4.0E7

RLAMBDA	0.57	Conductividad térmica del agua ^{161.C-02,p.65}
AS	1.0	Parámetro requerido por el código ^{161.C-03,p.65}
CP	5.45E3	Calor específico del agua (Wsec/Kg,°C)
TSAT	286	Temperatura de saturación (°C)
RKAPPA	-0.5	Coefficiente para el modelo de la ebullición subenfriada ^{161.B-03}

Tarjeta 530000: ^{161.B-03}

G 0.184 Factor de fricción de Fanning $f = \frac{G}{R_e^{0.2}}$

Donde: G flujo másico
 R_e Cte.

HRR	0.0	Altura del canal en la zona del "riser" (zona en la parte superior del núcleo).
ARR	1.0	Area del canal en la zona del "riser"
ZR0	1.0	Coeficientes para el canal en la zona del "riser".
ZR1	0.0	
BNKFF	0.92	Coeficiente de la correlación de deslizamiento de Bankoff.
BNKFF1	0.82	Coeficiente para la correlación de deslizamiento de aplicado a flujos menores de WR3.

Tarjeta 531000: ^{161.B-03.3}

WR2	2.2	Velocidad de entrada superior al punto de corte (Upper break point).
WR3	0.6	Velocidad de entrada inferior al punto de corte (lower break point).
DELD	0.25	Coeficiente para la corrección de deslizamiento.

Tarjeta 540000: Coeficientes de estrangulamiento hidráulico.

IDTR	FDI	FCA	HNCA
0	176.84	0.0	0.0
1	17.87	3.25	1.0
2	113.39	3.25	1.0
3	113.39	3.25	1.0

IDTR Número del tipo de estrangulamiento hidráulico
= 0 para el canal de "bypass"

= 1 para el estrangulamiento tipo 1, etc..

FDI Coeficiente de estrangulamiento para la parte baja del núcleo. Incluye las restricciones de flujo de la zona de entrada al núcleo más los espaciadores en esta zona.

FCA Coeficiente de estrangulamiento para la parte alta del núcleo. Incluye los espaciadores y las restricciones en la salida del núcleo.

Tarjeta 570000: Datos de límites térmicos. ⁽¹⁾

I1 I2 HGRLIM(I); I = I1 .I2

1 3 439. 439. 439.

I1 Número del tipo de combustible.

I2 Número del tipo de combustible. (I2 > I1)

HGRLIM(I) Límite de diseño de la razón de generación lineal de calor (LHGR) en W/cm para el tipo I de combustible.

Estos datos son usados para calcular la fracción de la densidad de potencia limitante (FLPD) ^{(6),B-06,7.}

Tarjeta 570000: Datos para el cálculo de los límites de enfriamiento al núcleo (ECCS).

IFT MJ1 MJ2 EXPECC(IFT,I);I=MJ1..MJ2

1	1	6	0.	220.462	1102.311	5511.557	11023.113	16534.670
2	1	6	0.	220.462	1102.311	5511.557	11023.113	16534.670
3	1	6	0.	220.462	1102.311	5511.557	11023.113	16534.670

IFT Número del tipo de combustible.

MJ1 Número del punto de quemado

MJ2 Número del punto de quemado

EXPECC(IFT,I) Valor de quemado (MWD/MT) en el punto I para el combustible IFT ^{(6),B-06,8}

Tarjeta 581000: ^[8]

IFT MJ1 MJ2 ECCLIM(IFT,I); I = MJ1..MJ2

1	1	6	377.297	377.297	374.016	374.016	377.297	377.297
2	1	6	393.701	393.701	396.982	416.667	419.948	423.228
3	1	6	390.420	390.420	393.701	396.982	400.262	400.262

ECCLIM(IFT,I) Límite de enfriamiento de emergencia al núcleo sobre el APLHGR (W/cm) para el combustible IFT y el punto de quemado I. Deben corresponder para todos los puntos de quemado definidos en la tarjeta 580000 y para todos los tipos de combustible.

Tarjeta 590000: Condiciones nominales de operación ^[1].

HFWRAT	4.3172E4	Subenfriamiento nominal de entrada al núcleo (J/kg) (si IOPT(18) = 1 debería darse aquí el valor de la entalpía)
WCRAT	7749	Caudal total del núcleo (Kg/s)
PRAT	70.32655E5	Presión nominal del sistema (N/m ²)

Tarjetas del grupo 6. Datos de operación del reactor.

Tarjeta 600000: Datos del balance de calor. ^[1]

QRAT	1.931E9	Potencia térmica nominal del núcleo (W).
QTH	1.931E9	Potencia térmica real del núcleo (W).
QFRAC	0.981	Fracción de la potencia total que aparece como calor dentro del canal. El resto (1-QFRAC) se supone para calentar el refrigerante del canal de "bypass".
QCOND	0.96	Fracción de la potencia total que aparece como calor en el canal. El resto (1-QCOND) se supone que aparece como calor directo en el canal, refrigerante del canal de "bypass" y material estructural que no corresponde al combustible.
SUBC	4.3172E4	Entalpía del agua de alimentación (Wsec/kg)
WCORE	7.749E3	Razón del flujo de refrigerante total (flujos en canal y "bypass") kg/sec
PSYS	70.3265E5	Presión del sistema (N/m ²)

Tarjeta 610000: Longitud del intervalo de quemado.^[1]

EMAX 220.46 Longitud del primer intervalo de quemado (MWD/MT).

Tarjeta 620010: Datos de las posiciones de la barras de control.

El penúltimo dígito (de izq. a der.) le indica al programa que todas las barras de control se extraigan totalmente del núcleo (ARO) antes de que las posiciones para las barras de control en esta y el resto de las tarjetas se utilicen.

NOR RODINS IDUM(I); I = 1..NOR

2	6.	33	57
2	8.	55	35
1	44.	25	
2	34.	23	47

NOR Número de barras especificadas en la tarjeta.

RODINS(I) Posición de la barra de control (I) al principio del paso de quemado (de acuerdo a la opción IOPT(17) las posiciones de las barras de control se dan en muescas y solamente en valores pares).

IDUM(I) Número identificador de la barra de control I.

tarjeta 630000:

Igual al caso de las tarjetas 620000 pero aplicadas al final del intervalo de quemado.

Tarjetas del grupo 7. Datos detectores TIP y LPRM (No se usaron).

Tarjetas del grupo 8. Datos diversos.

Tarjeta 800000: Métodos numéricos.^[6]

NSMAX 20 Número de iteraciones internas para el cálculo de la K_{eff} .

MEIT 1 Número máximo de iteraciones de K_{eff} por iteración de potencia-vacío.

NCMAX 20 Número máximo de iteraciones por iteración de quemado o por intervalo de quemado.

NBMAX 20 Número máximo de iteraciones sobre el quemado (este valor se usa también para cálculos Haling) ^{[6], C-02, p.86}.

:

Tarjeta 810000: Criterios de convergencia.^[6]

DLS	1.0E4	Criterio de convergencia para las iteraciones internas.
DLK	1.0E-3	Criterio de convergencia en K_{eff}
DPINP	0.03	Criterio de convergencia; la densidad de potencia local dada como fracción de la densidad de potencia promedio.
DEC	0.03	Criterio de convergencia; el quemado local dado como una fracción de la longitud de quemado.

Tarjeta 820000: Parámetros de aproximación ^[6].

AA	0.1	Factor de aproximación en iteraciones internas.
RELF	0.4	Factor de aproximación para las iteraciones de potencia-vacío.
RELCY	0.5	Factor de aproximación para cálculos Haling (0.4); factor de peso para la distribución de potencia al inicio del intervalo en iteraciones de quemado. ^{[6],B-04.2.7}

Tarjetas del grupo 9. Identificador del fin de caso ^[6].

Debe darse en todos los casos.

El archivo de datos de entrada contiene 11 casos de ejecución. En los últimos 10 las tarjetas usadas que difieren del caso inicial son las siguientes:

110000: En esta tarjeta se cambian las siguientes opciones.

IOPT(1) = 2 Indica que se tiene un caso de continuación y las condiciones iniciales de operación se toman automáticamente del caso precedente.

IOPT(2) = 0 Indica que las distribuciones relativas de flujo y potencia al principio de la ejecución se toman de la unidad uno (TAPE1).

610000: Se especifica el intervalo de quemado (MWD/MT) del paso correspondiente ^[11].

620000: Se especifican las posiciones de las barras de control correspondientes al principio del intervalo de quemado.

630000: Se especifican las posiciones de las barras de control que difieren del principio del paso de quemado.

900000: Indicación del final del caso.

A.1 Archivo de datos de entrada:

100000PR-LV "Búsqueda de patrones de barras de control a plena potencia para el ciclo inicial del reactor de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde Unidad Uno." VERSION PRESTO:871C BANCO:STAPOL4. MARZO/1990

```

110000 22 0 1 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
120000 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
130000 21 2 1 1 1 1 1 3 3 1 3 3 1 1 3 0 3 3 3 3 3 3
200000 11 11 25 5 444 111 17
201000 (22) (20) (18) (16) (14) (12) (10) (08) (06) (04) (02)
202000 (23) (25) (27) (29) (31) (33) (35) (37) (39) (41) (43)
210000 1 11 2 11 3 11 4 11 5 11 6 11 7 11
210001 8 10 9 9 10 8 11 1 11 2 11 3 11 4
210001 11 5 11 6 11 7
220000 15.24 15.24
230000 1 11 1 1 1 1 1 1 1 2 3 4 5
230000 12 22 1 1 1 1 1 1 2 2 3 4 5
230000 23 33 1 1 1 1 1 1 2 2 3 4 5
230000 34 44 1 1 1 1 1 2 2 3 3 4 5
230000 45 55 1 1 1 1 1 2 2 3 3 4 5
230000 56 66 1 1 1 2 2 2 2 3 4 4 5
230000 67 77 1 2 2 2 2 2 3 4 4 4 5
230000 78 87 2 2 2 3 3 3 4 4 4 5
230000 88 96 3 3 3 3 3 4 4 4 5
230000 97 104 4 4 4 4 4 4 4 5
230000 105 111 5 5 5 5 5 5 5
300000 3 3 7 33 0
310000 4 7 10 14 17 20 24
321000 1 25 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
321000 2 25 1 2 3 3 4 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 2 1
321000 3 25 1 5 6 6 7 7 7 7 7 7 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 5 5 1
330000 1 4 20365 55 1 20364 44 1 20349 44 1 20304 33 1
330000 5 8 20277 33 1 20284 22 1 30422 22 1 30501 12 1
330000 9 12 30512 12 1 30520 4 1 10263 4 2 20347 56 1
330000 13 16 20350 45 1 30613 45 1 20333 34 1 30585 34 1
330000 17 20 20317 23 1 30590 23 1 30375 13 1 30551 13 1
330000 21 24 30383 5 1 10238 5 2 20360 56 1 30522 45 1
330000 25 28 20368 45 1 30587 34 1 20289 34 1 30567 23 1
330000 29 32 30573 23 1 30530 13 1 30565 13 1 30382 5 1
330000 33 36 10214 5 2 20357 57 1 20281 46 1 30597 46 1
330000 37 40 20322 35 1 30584 35 1 20338 24 1 30442 24 1
330000 41 44 30389 14 1 30473 14 1 30550 6 1 10260 6 2
330000 45 48 20294 57 1 30528 46 1 20288 46 1 30450 35 1
330000 49 52 20286 35 1 30455 24 1 30444 24 1 30469 14 1
330000 53 56 30396 14 1 30548 6 1 10257 6 2 20336 58 1
330000 57 60 20278 47 1 30403 47 1 20305 36 1 30582 36 1
330000 61 64 20332 25 1 30618 25 1 30414 15 1 30404 15 1

```

330000 65 68 30461 7 1 10270 7 2 30629 58 1 30467 47 1
 330000 69 72 30373 47 1 30586 36 1 30592 36 1 30612 25 1
 330000 73 76 30609 25 1 30405 15 1 30384 15 1 30447 7 1
 330000 77 80 10212 7 2 30448 59 1 30619 48 1 30481 48 1
 330000 81 84 30531 37 1 30525 37 1 30640 26 1 30632 26 1
 330000 85 88 30463 16 1 30462 16 1 10252 00 3 30428 59 1
 330000 89 92 30485 48 1 30625 48 1 30542 37 1 30556 37 1
 330000 93 96 30634 26 1 30641 26 1 30453 16 1 10240 16 2
 330000 97 100 30394 60 1 30504 49 1 30503 49 1 30483 38 1
 330000 101 104 30479 38 1 30427 27 1 30401 27 1 10254 00 3
 330000 105 108 10220 60 2 10207 49 2 10247 49 2 10243 38 2
 330000 109 111 10239 38 2 10222 27 2 10248 27 2
 400000 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.5
 401000 -0.0667 1.628
 402000 -2.0-11 1.0-7 -1.0+5
 403000 1.64-6 0.9-6 -3.092-3 3.29-8
 404000 0.0 0.95

ALBEDOS DE RAUL PERUSQUIA 16/06/89

411000 1 0.2628-1 -0.6013-1 13.80 14.59 0.1695-1
 411000 2 0.1867-1 -0.2369 14.57 19.27 -0.1486
 411000 3 0.5995-2 -0.3307 14.77 21.58 -0.2225
 420000 .07217 .07219 .07216 .07190 .07071 .06959 .1325
 420001 .1379 .1396 .1382 .07291 .07291 .07281 .07243
 420001 .07112 .06985 .1329
 430000 .009230 .009166 .008995 .008652 .008001 .005740 .01340
 430001 .01225 .01311 .01224 .009164 .009097 .008942 .008594
 430001 .007952 .005692 .01339
 500000 DATOS HIDRAULICOS PARA LAGUNA VERDE U-1
 511000 1 0.0103 2.3896 0.0152
 512000 0.00426 0.03200
 513000 1.745+5 2.394 2.5-3 0.001 2.7+6 1.1+6
 514000 1 9 0.0 0.0 0.161698 0.0188305 6.4+6 0.0 0.0 0.0 11.29-2
 520000 5.0+6 4.0+7 0.57 1.0 5.45+3 286. -0.5
 530000 0.184 0.0 1.0 1.0 0.0 0.92 0.82
 531000 2.2 0.6 0.25
 540000 0 176.84 0.0 0.0
 540000 1 17.87 3.25 1.0
 540000 2 113.39 3.25 1.0
 540000 3 113.39 3.25 1.0
 570000 1 3 439. 439. 439.
 580000 1 1 6 0. 220.462 1102.311 5511.557 11023.113 16534.670
 580000 2 1 6 0. 220.462 1102.311 5511.557 11023.113 16534.670
 580000 3 1 6 0. 220.462 1102.311 5511.557 11023.113 16534.670
 581000 1 1 6 377.297 377.297 374.016 374.016 377.297 377.297
 581000 2 1 6 393.701 393.701 396.982 416.667 419.948 423.228
 581000 3 1 6 390.420 390.420 393.701 396.982 400.262 400.262
 590000 4.3172+4 7749. 70.32655+5

600000 1.931+9 1.931+9 0.981 0.96 4.3172+4 7.749+3 70.32655+5
610000 220.46
620010 2 6. 33 57
620000 2 8. 55 35
620000 1 44. 25
620000 2 34. 23 47
630010 3 12. 33 35 57
630000 1 10. 55
630000 2 40. 23 47
630000 1 44. 25
800000 20 1 20 20
810000 1.0-4 1.0-3 0.03 0.03
820000 0.1 0.4 0.5
900000PR LV - FIN DE DATOS - PRIMER CASO
100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 220.46 A 1102.31 MWD/MT -A2-
110000 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0
610000 881.85
620010 3 12. 33 35 57
620000 1 10. 55
620000 2 40. 23 47
620000 1 44. 25
630010 1 10. 35
630000 3 8. 55 57 33
630000 1 42. 47
630000 1 36. 45
630000 1 42. 23
630000 1 44. 25
900000PR LV -FIN DE DATOS - SEGUNDO CASO
100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 1102.31 A 2204.62 MWD/MT -B2-
110000 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0
610000 1102.31
620010 1 10. 22
620000 1 16. 24
620000 1 6. 46
620000 1 14. 44
620000 1 32. 48
630010 1 32. 48
630000 1 16. 24
630000 1 6. 44
630000 1 4. 46
630000 1 6. 22
900000PR LV -FIN DE DATOS - TERCER CASO

100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 2204.62 A 3306.93 MWD/MT -A1-
 110000 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
 610000 1102.31
 620010 1 38. 25
 620000 1 10. 47
 620000 1 6. 45
 620000 1 8. 23
 620000 1 46. 35
 630010 1 38. 25
 630000 3 6. 23 45 47
 630000 1 42. 35
 900000PR LV -FIN DE DATOS - CUARTO CASO
 100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 3306.93 A 4409.24 MWD/MT -B1- 110000
 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
 610000 1102.31
 620010 1 16. 36
 620000 1 16. 13
 620000 1 8. 58
 620000 1 4. 34
 620000 1 6. 56
 630010 1 16. 13
 630000 1 12. 36
 630000 3 6. 34 56 58
 900000PR LV -FIN DE DATOS - QUINTO CASO
 100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 4409.24 A 5511.55 MWD/MT -A2- 110000
 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
 610000 1102.31
 620010 2 8. 12 59
 620000 2 6. 55 35
 620000 2 4. 33 57
 620000 2 32. 14 37
 630010 2 4. 12 59
 630000 1 4. 55
 630000 3 6. 33 35 57
 630000 2 32. 14 37
 830000 8
 840000 14 24 71 70 82 81 72 51
 900000PR LV -FIN DE DATOS - SEXTO CASO

100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 5511.55 A 6613.86 MWD/MT -B2-
 110000 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0
 610000 1102.31
 620010 3 10. 22 24 48
 620000 2 6. 44 46
 620000 1 38. 36
 620000 2 42. 13 34
 630010 2 12. 24 48
 630000 1 6. 22
 630000 1 6. 46
 630000 1 12. 44
 630000 1 44. 34
 630000 1 44. 13
 630000 1 40. 36
 900000PR LV -FIN DE DATOS - SEPTIMO CASO
 100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 6613.8-7716.17 MWD/ST -A1-
 110000 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
 610000 1102.31
 620010 1 12. 25
 620000 1 8. 47
 620000 2 10. 23 45
 620000 1 40. 35
 630010 1 12. 23
 630000 1 12. 25
 630000 1 12. 47
 630000 1 12. 45
 900000PR LV - FIN DE DATOS - OCTAVO CASO
 100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 7716.17-8818.48 MWD/ST -B1-
 110000 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
 610000 1102.31
 620010 2 12. 56 58
 620000 2 10. 34 36
 620000 1 14. 13
 630010 2 16. 34 36
 630000 2 10. 56 58
 900000PR LV - FIN DE DATOS - NOVENO CASO
 100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 8818.48-9920.79 MWD/ST -A2-
 110000 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
 610000 1102.31
 620010 1 10. 35
 620000 2 10. 33 57
 620000 1 42. 47
 620000 2 42. 23 45
 630010 2 16. 33 57
 900000PR LV - FIN DE DATOS - DECIMO CASO

100000PR-LV PATRON BARRAS DE CONTROL 9920.79-10080.G MWD/ST -B2-
110000 22 2 0 1 0 0 0 0 5 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
610000 159.83
620010 1 16. 46
630010 4 48. 34 36 56 58
900000PR LV - FIN DE DATOS - UNDECIMO CASO

ANEXO B. ARCHIVO DE COMANDOS Y PROGRAMA DE EDICION DE LAS SALIDAS DE PRESTO.

B.1 ARCHIVO DE COMANDOS DE LA EJECUCION DE PRESTO.

```
/JOB
EPN097J.
/USER
RWF.
ATTACH,PRA831E.
RFL,376500,200.
GET,TAPE3=STAPOL4.
GET,EIN097J.
RETURN,SPRN097.
PURGE,SPRNR97/NA.
PURGE,SPRN097/NA.
DEFINE,TAPE4=SPRNR97.
DEFINE,SPRN097.
PRA831E,EIN097J,SPRN097.
DAYFILE.EYN097J.
SAVE,EYN097J.
REWIND,EIN097J,EYN097J.
APPEND,EIN097J,EYN097J.
PURGE,EYN097!/NA.
RWF.
GET,EPN097J.
APPEND,EIN097J,EPN097J.
PURGE.EPN097J.
GET,BEPPRO.
ATTACH,SPRN097.
RETURN,TAPE1,TAPE2,TAPE4.
RENAME,TAPE1=SPRN097.
RWF.
BEPPRO.
GET,BEPPRO2.
RWF.
BEPPRO2.
RENAME,RESLP97=TAPE4.
SAVE.RESLP97.
RWF.
GET,BEPPROS.
BEPPROS.
RENAME,DPLOT97=TAPE6.
SAVE.DPLOT97.
RWF.
GET,BEPPRO1.
BEPPRO1.
RENAME,POWR97=TAPE7.
SAVE.POWR97.
EOF
```

:

B.2 PROGRAMA DE EDICION DE LAS SALIDAS DE PRESTO.

```
PROGRAM EPPRO
C   EXTRAE RESULTADOS DE LAS SALIDAS PRESTO
C   JULIO/89.
CHARACTER V0*4,V1*16,V2*5,V21*18,V3*89
20  READ(1,10,END=500) V0,V1,V2,V21,V3
10  FORMAT (A4,A16,A5,A18,A89)
    IF (V0.EQ.' TOP') GO TO 300
    IF (V2.EQ.'KEFF ') GO TO 200
    IF (V21.EQ.'TS FOR THE 12 MOST') GO TO 600
    IF (V1.EQ.' WITHDRAWLS,NOTC') GOTO 700
    GO TO 20
200  WRITE(2,10) V0,V1,V2,V21,V3
      DO 100 I=1,72
        READ(1,10,END=500) V0,V1,V2,V21,V3
100  WRITE(2,10)V0,V1,V2,V21,V3
    GO TO 20
300  WRITE(2,10) V0,V1,V2,V21,V3
      DO 400 I=1,25
        READ(1,10,END=500) V0,V1,V2,V21,V3
400  WRITE(2,10) V0,V1,V2,V21,V3
    GO TO 20
600  WRITE(2,10) V0,V1,V2,V21,V3
      DO 650 I=1,18
        READ(1,10,END=500) V0,V1,V2,V21,V3
650  WRITE(2,10) V0,V1,V2,V21,V3
    GO TO 20
700  WRITE(2,10) V0,V1,V2,V21,V3
      DO 750 I=1,35
        READ(1,10,END=500) V0,V1,V2,V21,V3
750  WRITE(2,10) V0,V1,V2,V21,V3
    GO TO 20
500  STOP
    END
```

ANEXO C. DATOS DE LA DISTRIBUCION DENSIDAD DE POTENCIA RELATIVA AXIAL Y DE LA DENSIDAD DE BARRA DE CONTROL (DBC) POR INTERVALO DE QUEMADO .

NODO	PR	GE	POTENCIA RELATIVA NODO AXIAL				
	PRESTO	HALING	CMR	(PR-GE)	$\frac{(PR-GE)*100}{GE}$	$(PR-GE)^2$	DS (%)
0.00	200.00						
			INTERVALO DE QUEMADO (0 - 200) MWD/ST				
0.00	A2						
			G01: QUEMADO 0 MWD/ST -A2-				
NODO	PRESTO	HALING	CMR	(PR-GE)	$\frac{(PR-GE)*100}{GE}$	$(PR-GE)^2$	DS (%)
25.00	0.16	0.20	0.15	-0.04	-20.00	0.00	8.69
24.00	0.46	0.53	0.43	-0.07	-13.21	0.00	
23.00	0.64	0.71	0.59	-0.07	-9.86	0.00	
22.00	0.75	0.84	0.69	-0.09	-10.71	0.01	
21.00	0.83	0.94	0.77	-0.11	-11.70	0.01	
20.00	0.87	1.01	0.82	-0.14	-13.86	0.02	
19.00	0.92	1.06	0.88	-0.14	-13.21	0.02	
18.00	0.98	1.09	0.94	-0.11	-10.09	0.01	
17.00	1.04	1.12	1.01	-0.08	-7.14	0.01	
16.00	1.11	1.14	1.08	-0.03	-2.63	0.00	
15.00	1.18	1.15	1.15	0.03	2.61	0.00	
14.00	1.24	1.17	1.22	0.07	5.98	0.00	
13.00	1.3	1.18	1.28	0.12	10.17	0.01	
12.00	1.34	1.19	1.33	0.15	12.61	0.02	
11.00	1.34	1.19	1.35	0.15	12.61	0.02	
10.00	1.28	1.20	1.31	0.08	6.67	0.01	
9.00	1.27	1.20	1.32	0.07	5.83	0.00	
8.00	1.26	1.21	1.36	0.05	4.13	0.00	
7.00	1.22	1.21	1.39	0.01	0.83	0.00	
6.00	1.21	1.21	1.39	0.00	0.00	0.00	
5.00	1.23	1.19	1.31	0.04	3.36	0.00	
4.00	1.25	1.15	1.25	0.10	8.70	0.01	
3.00	1.11	1.04	1.06	0.07	6.73	0.00	
2.00	0.79	0.81	0.76	-0.02	-2.47	0.00	
1.00	0.21	0.26	0.21	-0.05	-19.23	0.00	

0.00	200.00	INTERVALO DE QUEMADO (0 - 200) MWD/ST					
200.00	A2	G02: QUEMADO 200 MWD/ST - A2 -					
25.00	0.18	0.20	0.18	-0.02	-10.00	0.00	5.70
24.00	0.5	0.53	0.52	-0.03	-5.66	0.00	
23.00	0.71	0.71	0.74	0.00	0.00	0.00	
22.00	0.85	0.84	0.89	0.01	1.19	0.00	
21.00	0.96	0.94	1.01	0.02	2.13	0.00	
20.00	1.04	1.01	1.1	0.03	2.97	0.00	
19.00	1.08	1.06	1.15	0.02	1.89	0.00	
18.00	1.06	1.09	1.13	-0.03	-2.75	0.00	
17.00	1.06	1.12	1.13	-0.06	-5.36	0.00	
16.00	1.08	1.14	1.15	-0.06	-5.26	0.00	
15.00	1.1	1.15	1.18	-0.05	-4.35	0.00	
14.00	1.13	1.17	1.22	-0.04	-3.42	0.00	
13.00	1.16	1.18	1.26	-0.02	-1.69	0.00	
12.00	1.18	1.19	1.29	-0.01	-0.84	0.00	
11.00	1.18	1.19	1.29	-0.01	-0.84	0.00	
10.00	1.14	1.20	1.23	-0.06	-5.00	0.00	
9.00	1.15	1.20	1.23	-0.05	-4.17	0.00	
8.00	1.19	1.21	1.24	-0.02	-1.65	0.00	
7.00	1.25	1.21	1.23	0.04	3.31	0.00	
6.00	1.3	1.21	1.19	0.09	7.44	0.01	
5.00	1.33	1.19	1.08	0.14	11.76	0.02	
4.00	1.3	1.15	1	0.15	13.04	0.02	
3.00	1.1	1.04	0.82	0.06	5.77	0.00	
2.00	0.78	0.81	0.58	-0.03	-3.70	0.00	
1.00	0.21	0.26	0.16	-0.05	-19.23	0.00	

200.00	1000.00	INTERVALO DE QUEMADO (200-1000) MWD/ST					
200.00	A2	G03: QUEMADO 200.00 MWD/ST - A2 -					
25.00	0.18	0.20	0.18	-0.02	-10.00	0.00	5.42
24.00	0.5	0.53	0.52	-0.03	-5.66	0.00	
23.00	0.71	0.71	0.74	0.00	0.00	0.00	
22.00	0.85	0.84	0.89	0.01	1.19	0.00	
21.00	0.97	0.94	1.01	0.03	3.19	0.00	
20.00	1.05	1.01	1.1	0.04	3.96	0.00	
19.00	1.08	1.06	1.15	0.02	1.89	0.00	
18.00	1.07	1.09	1.13	-0.02	-1.83	0.00	
17.00	1.06	1.12	1.13	-0.06	-5.36	0.00	
16.00	1.08	1.14	1.15	-0.06	-5.26	0.00	
15.00	1.1	1.15	1.19	-0.05	-4.35	0.00	
14.00	1.13	1.17	1.22	-0.04	-3.42	0.00	
13.00	1.16	1.18	1.26	-0.02	-1.69	0.00	
12.00	1.18	1.19	1.29	-0.01	-0.84	0.00	
11.00	1.19	1.19	1.29	0.00	0.00	0.00	
10.00	1.14	1.20	1.24	-0.06	-5.00	0.00	
9.00	1.15	1.20	1.23	-0.05	-4.17	0.00	
8.00	1.19	1.21	1.24	-0.02	-1.65	0.00	
7.00	1.24	1.21	1.23	0.03	2.48	0.00	
6.00	1.29	1.21	1.19	0.08	6.61	0.01	
5.00	1.32	1.19	1.07	0.13	10.92	0.02	
4.00	1.29	1.15	0.99	0.14	12.17	0.02	
3.00	1.09	1.04	0.82	0.05	4.81	0.00	
2.00	0.77	0.81	0.57	-0.04	-4.94	0.00	
1.00	0.21	0.26	0.15	-0.05	-19.23	0.00	

200.00	1000.00	INTERVALO DE QUEMADO (200-1000)MWD/ST					
1000.00	A2	G04: QUEMADO 1000.0 MWD/ST - A2 -					
25.00	0.18	0.20	0.17	-0.02	-10.00	0.00	5.32
24.00	0.5	0.53	0.47	-0.03	-5.66	0.00	
23.00	0.7	0.71	0.66	-0.01	-1.41	0.00	
22.00	0.83	0.84	0.78	-0.01	-1.19	0.00	
21.00	0.93	0.94	0.88	-0.01	-1.06	0.00	
20.00	0.98	1.01	0.97	-0.03	-2.97	0.00	
19.00	0.99	1.06	1.03	-0.07	-6.60	0.00	
18.00	1.01	1.09	1.06	-0.08	-7.34	0.01	
17.00	1.04	1.12	1.1	-0.08	-7.14	0.01	
16.00	1.08	1.14	1.15	-0.06	-5.26	0.00	
15.00	1.13	1.15	1.21	-0.02	-1.74	0.00	
14.00	1.17	1.17	1.26	0.00	0.00	0.00	
13.00	1.21	1.18	1.31	0.03	2.54	0.00	
12.00	1.24	1.19	1.35	0.05	4.20	0.00	
11.00	1.25	1.19	1.36	0.06	5.04	0.00	
10.00	1.2	1.20	1.3	0.00	0.00	0.00	
9.00	1.2	1.20	1.29	0.00	0.00	0.00	
8.00	1.23	1.21	1.3	0.02	1.65	0.00	
7.00	1.26	1.21	1.29	0.05	4.13	0.00	
6.00	1.27	1.21	1.25	0.06	4.96	0.00	
5.00	1.28	1.19	1.13	0.09	7.56	0.01	
4.00	1.28	1.15	1.04	0.13	11.30	0.02	
3.00	1.07	1.04	0.86	0.03	2.88	0.00	
2.00	0.75	0.81	0.61	-0.06	-7.41	0.00	
1.00	0.2	0.26	0.16	-0.06	-23.08	0.00	

1000.00	2000.00	INTERVALO DE QUEMADO (1000-2000)MWD/ST					
1000.00	B2	G05: QUEMADO 1000 MWD/ST - B2 -					
25.00	0.19	0.20	0.16	-0.01	-5.00	0.00	5.65
24.00	0.55	0.53	0.46	0.02	3.77	0.00	
23.00	0.77	0.71	0.64	0.06	8.45	0.00	
22.00	0.9	0.84	0.76	0.06	7.14	0.00	
21.00	1	0.94	0.85	0.06	6.38	0.00	
20.00	1.08	1.01	0.93	0.07	6.93	0.00	
19.00	1.13	1.06	0.99	0.07	6.60	0.00	
18.00	1.14	1.09	1.01	0.05	4.59	0.00	
17.00	1.14	1.12	1.03	0.02	1.79	0.00	
16.00	1.13	1.14	1.06	-0.01	-0.88	0.00	
15.00	1.13	1.15	1.1	-0.02	-1.74	0.00	
14.00	1.14	1.17	1.14	-0.03	-2.56	0.00	
13.00	1.15	1.18	1.18	-0.03	-2.54	0.00	
12.00	1.16	1.19	1.2	-0.03	-2.52	0.00	
11.00	1.15	1.19	1.21	-0.04	-3.36	0.00	
10.00	1.09	1.20	1.16	-0.11	-9.17	0.01	
9.00	1.09	1.20	1.17	-0.11	-9.17	0.01	
8.00	1.12	1.21	1.21	-0.09	-7.44	0.01	
7.00	1.16	1.21	1.26	-0.05	-4.13	0.00	
6.00	1.21	1.21	1.33	0.00	0.00	0.00	
5.00	1.23	1.19	1.38	0.04	3.36	0.00	
4.00	1.25	1.15	1.39	0.10	8.70	0.01	
3.00	1.09	1.04	1.22	0.05	4.81	0.00	
2.00	0.79	0.81	0.9	-0.02	-2.47	0.00	
1.00	0.22	0.26	0.25	-0.04	-15.38	0.00	

1000.00	2000.00	INTERVALO DE QUEMADO (1000-2000)MWD/ST					
2000.00	B2	G06: QUEMADO 2000.0 MWD/ST - B2 -					
25.00	0.19	0.20	0.14	-0.01	-5.00	0.00	5.26
24.00	0.52	0.53	0.38	-0.01	-1.89	0.00	
23.00	0.72	0.71	0.52	0.01	1.41	0.00	
22.00	0.82	0.84	0.62	-0.02	-2.38	0.00	
21.00	0.9	0.94	0.73	-0.04	-4.26	0.00	
20.00	0.98	1.01	0.82	-0.03	-2.97	0.00	
19.00	1.05	1.06	0.9	-0.01	-0.94	0.00	
18.00	1.11	1.09	0.97	0.02	1.83	0.00	
17.00	1.15	1.12	1.04	0.03	2.68	0.00	
16.00	1.17	1.14	1.11	0.03	2.63	0.00	
15.00	1.2	1.15	1.17	0.05	4.35	0.00	
14.00	1.22	1.17	1.24	0.05	4.27	0.00	
13.00	1.25	1.18	1.29	0.07	5.93	0.00	
12.00	1.26	1.19	1.32	0.07	5.88	0.00	
11.00	1.24	1.19	1.33	0.05	4.20	0.00	
10.00	1.17	1.20	1.27	-0.03	-2.50	0.00	
9.00	1.13	1.20	1.26	-0.07	-5.83	0.00	
8.00	1.1	1.21	1.27	-0.11	-9.09	0.01	
7.00	1.11	1.21	1.29	-0.10	-8.26	0.01	
6.00	1.13	1.21	1.29	-0.08	-6.61	0.01	
5.00	1.17	1.19	1.3	-0.02	-1.68	0.00	
4.00	1.22	1.15	1.34	0.07	6.09	0.00	
3.00	1.11	1.04	1.21	0.07	6.73	0.00	
2.00	0.85	0.81	0.93	0.04	4.94	0.00	
1.00	0.24	0.26	0.26	-0.02	-7.69	0.00	

2000.00	3000.00	INTERVALO DE QUEMADO (2000-3000)MWD/ST					
2000.00	A1	G07: QUEMADO 2000.0 MWD/ST -A1-					
25.00	0.2	0.20	0.19	0.00	0.00	0.00	6.76
24.00	0.54	0.53	0.54	0.01	1.89	0.00	
23.00	0.76	0.71	0.75	0.05	7.04	0.00	
22.00	0.87	0.84	0.87	0.03	3.57	0.00	
21.00	0.94	0.94	0.95	0.00	0.00	0.00	
20.00	0.96	1.01	0.99	-0.05	-4.95	0.00	
19.00	0.97	1.06	0.99	-0.09	-8.49	0.01	
18.00	0.99	1.09	1	-0.10	-9.17	0.01	
17.00	1.02	1.12	1.02	-0.10	-8.93	0.01	
16.00	1.06	1.14	1.05	-0.08	-7.02	0.01	
15.00	1.1	1.15	1.08	-0.05	-4.35	0.00	
14.00	1.14	1.17	1.11	-0.03	-2.56	0.00	
13.00	1.17	1.18	1.14	-0.01	-0.85	0.00	
12.00	1.2	1.19	1.16	0.01	0.84	0.00	
11.00	1.2	1.19	1.16	0.01	0.84	0.00	
10.00	1.15	1.20	1.12	-0.05	-4.17	0.00	
9.00	1.15	1.20	1.12	-0.05	-4.17	0.00	
8.00	1.18	1.21	1.15	-0.03	-2.48	0.00	
7.00	1.22	1.21	1.21	0.01	0.83	0.00	
6.00	1.26	1.21	1.27	0.05	4.13	0.00	
5.00	1.28	1.19	1.33	0.09	7.56	0.01	
4.00	1.31	1.15	1.36	0.16	13.91	0.03	
3.00	1.18	1.04	1.23	0.14	13.46	0.02	
2.00	0.9	0.81	0.94	0.09	11.11	0.01	
1.00	0.25	0.26	0.27	-0.01	-3.85	0.00	

2000.00	3000.00	INTERVALO DE QUEMADO (2000-3000)MWD/ST					
3000.00	A1	G08: QUEMADO 3000.0 MWD/ST - A1 -					
25.00	0.19	0.20	0.18	-0.01	-5.00	0.00	8.99
24.00	0.52	0.53	0.49	-0.01	-1.89	0.00	
23.00	0.71	0.71	0.67	0.00	0.00	0.00	
22.00	0.79	0.84	0.76	-0.05	-5.95	0.00	
21.00	0.83	0.94	0.84	-0.11	-11.70	0.01	
20.00	0.86	1.01	0.87	-0.15	-14.85	0.02	
19.00	0.9	1.06	0.91	-0.16	-15.09	0.03	
18.00	0.95	1.09	0.96	-0.14	-12.84	0.02	
17.00	1	1.12	1.01	-0.12	-10.71	0.01	
16.00	1.06	1.14	1.06	-0.08	-7.02	0.01	
15.00	1.11	1.15	1.11	-0.04	-3.48	0.00	
14.00	1.17	1.17	1.17	0.00	0.00	0.00	
13.00	1.21	1.18	1.21	0.03	2.54	0.00	
12.00	1.24	1.19	1.24	0.05	4.20	0.00	
11.00	1.25	1.19	1.25	0.06	5.04	0.00	
10.00	1.2	1.20	1.21	0.00	0.00	0.00	
9.00	1.21	1.20	1.21	0.01	0.83	0.00	
8.00	1.24	1.21	1.25	0.03	2.48	0.00	
7.00	1.28	1.21	1.29	0.07	5.79	0.00	
6.00	1.31	1.21	1.33	0.10	8.26	0.01	
5.00	1.32	1.19	1.35	0.13	10.92	0.02	
4.00	1.33	1.15	1.33	0.18	15.65	0.03	
3.00	1.17	1.04	1.16	0.13	12.50	0.02	
2.00	0.9	0.81	0.9	0.09	11.11	0.01	
1.00	0.25	0.26	0.25	-0.01	-3.85	0.00	

3000.00	4000.00	INTERVALO DE QUEMADO (3000-4000)MWD/ST					
3000.00	B1	G09: QUEMADO 3000.0 MWD/ST - B1 -					
25.00	0.22	0.20	0.25	0.02	10.00	0.00	11.62
24.00	0.61	0.53	0.7	0.08	15.09	0.01	
23.00	0.84	0.71	0.97	0.13	18.31	0.02	
22.00	0.95	0.84	1.1	0.11	13.10	0.01	
21.00	1.04	0.94	1.18	0.10	10.64	0.01	
20.00	1.11	1.01	1.21	0.10	9.90	0.01	
19.00	1.16	1.06	1.18	0.10	9.43	0.01	
18.00	1.19	1.09	1.12	0.10	9.17	0.01	
17.00	1.19	1.12	1.08	0.07	6.25	0.00	
16.00	1.15	1.14	1.06	0.01	0.88	0.00	
15.00	1.12	1.15	1.05	-0.03	-2.61	0.00	
14.00	1.1	1.17	1.05	-0.07	-5.98	0.00	
13.00	1.1	1.18	1.06	-0.08	-6.78	0.01	
12.00	1.09	1.19	1.05	-0.10	-8.40	0.01	
11.00	1.06	1.19	1.04	-0.13	-10.92	0.02	
10.00	1	1.20	0.98	-0.20	-16.67	0.04	
9.00	0.99	1.20	0.97	-0.21	-17.50	0.04	
8.00	1.01	1.21	0.99	-0.20	-16.53	0.04	
7.00	1.06	1.21	1.04	-0.15	-12.40	0.02	
6.00	1.12	1.21	1.1	-0.09	-7.44	0.01	
5.00	1.19	1.19	1.17	0.00	0.00	0.00	
4.00	1.27	1.15	1.25	0.12	10.43	0.01	
3.00	1.2	1.04	1.17	0.16	15.38	0.03	
2.00	0.96	0.81	0.94	0.15	18.52	0.02	
1.00	0.28	0.26	0.27	0.02	7.69	0.00	

3000.00	4000.00	INTERVALO DE QUEMADO (3000-4000) MWD/ST					
4000.00	B1	G10: QUEMADO 4000 MWD/ST -B1-					
25.00	0.23	0.20	0.26	0.03	15.00	0.00	11.26
24.00	0.64	0.53	0.71	0.11	20.75	0.01	
23.00	0.88	0.71	0.97	0.17	23.94	0.03	
22.00	0.98	0.84	1.08	0.14	16.67	0.02	
21.00	1.04	0.94	1.15	0.10	10.64	0.01	
20.00	1.08	1.01	1.16	0.07	6.93	0.00	
19.00	1.1	1.06	1.12	0.04	3.77	0.00	
18.00	1.1	1.09	1.08	0.01	0.92	0.00	
17.00	1.09	1.12	1.06	-0.03	-2.68	0.00	
16.00	1.07	1.14	1.06	-0.07	-6.14	0.00	
15.00	1.06	1.15	1.07	-0.09	-7.83	0.01	
14.00	1.07	1.17	1.09	-0.10	-8.55	0.01	
13.00	1.07	1.18	1.1	-0.11	-9.32	0.01	
12.00	1.08	1.19	1.11	-0.11	-9.24	0.01	
11.00	1.07	1.19	1.11	-0.12	-10.08	0.01	
10.00	1.02	1.20	1.06	-0.18	-15.00	0.03	
9.00	1.03	1.20	1.05	-0.17	-14.17	0.03	
8.00	1.06	1.21	1.07	-0.15	-12.40	0.02	
7.00	1.12	1.21	1.09	-0.09	-7.44	0.01	
6.00	1.19	1.21	1.11	-0.02	-1.65	0.00	
5.00	1.25	1.19	1.13	0.06	5.04	0.00	
4.00	1.32	1.15	1.17	0.17	14.78	0.03	
3.00	1.21	1.04	1.07	0.17	16.35	0.03	
2.00	0.96	0.81	0.86	0.15	18.52	0.02	
1.00	0.27	0.26	0.25	0.01	3.85	0.00	

4000.00	5000.00	INTERVALO DE QUEMADO (4000-5000)MWD/ST					
4000.00	A2	G11: QUEMADO 4000 MWD/ST -A2-					
25.00	0.19	0.20	0.19	-0.01	-5.00	0.00	9.47
24.00	0.51	0.53	0.51	-0.02	-3.77	0.00	
23.00	0.69	0.71	0.68	-0.02	-2.82	0.00	
22.00	0.76	0.84	0.76	-0.08	-9.52	0.01	
21.00	0.81	0.94	0.81	-0.13	-13.83	0.02	
20.00	0.85	1.01	0.85	-0.16	-15.84	0.03	
19.00	0.9	1.06	0.9	-0.16	-15.09	0.03	
18.00	0.95	1.09	0.97	-0.14	-12.84	0.02	
17.00	1.01	1.12	1.03	-0.11	-9.82	0.01	
16.00	1.08	1.14	1.1	-0.06	-5.26	0.00	
15.00	1.14	1.15	1.17	-0.01	-0.87	0.00	
14.00	1.21	1.17	1.23	0.04	3.42	0.00	
13.00	1.26	1.18	1.29	0.08	6.78	0.01	
12.00	1.31	1.19	1.34	0.12	10.08	0.01	
11.00	1.33	1.19	1.36	0.14	11.76	0.02	
10.00	1.29	1.20	1.32	0.09	7.50	0.01	
9.00	1.3	1.20	1.31	0.10	8.33	0.01	
8.00	1.32	1.21	1.31	0.11	9.09	0.01	
7.00	1.34	1.21	1.29	0.13	10.74	0.02	
6.00	1.32	1.21	1.26	0.11	9.09	0.01	
5.00	1.27	1.19	1.19	0.08	6.72	0.01	
4.00	1.19	1.15	1.14	0.04	3.48	0.00	
3.00	1.01	1.04	1	-0.03	-2.88	0.00	
2.00	0.77	0.81	0.78	-0.04	-4.94	0.00	
1.00	0.22	0.26	0.22	-0.04	-15.38	0.00	

4000.00	5000.00	INTERVALO DE QUEMADO (4000-5000)MWD/ST					
5000.00	A2	G12: QUEMADO 5000.0 MWD/ST -A2-					
25.00	0.18	0.20	0.17	-0.02	-10.00	0.00	9.05
24.00	0.5	0.53	0.45	-0.03	-5.66	0.00	
23.00	0.68	0.71	0.61	-0.03	-4.23	0.00	
22.00	0.76	0.84	0.68	-0.08	-9.52	0.01	
21.00	0.8	0.94	0.73	-0.14	-14.89	0.02	
20.00	0.84	1.01	0.79	-0.17	-16.83	0.03	
19.00	0.89	1.06	0.85	-0.17	-16.04	0.03	
18.00	0.95	1.09	0.93	-0.14	-12.84	0.02	
17.00	1.02	1.12	1	-0.10	-8.93	0.01	
16.00	1.09	1.14	1.08	-0.05	-4.39	0.00	
15.00	1.16	1.15	1.15	0.01	0.87	0.00	
14.00	1.22	1.17	1.23	0.05	4.27	0.00	
13.00	1.28	1.18	1.3	0.10	8.47	0.01	
12.00	1.32	1.19	1.36	0.13	10.92	0.02	
11.00	1.34	1.19	1.4	0.15	12.61	0.02	
10.00	1.3	1.20	1.39	0.10	8.33	0.01	
9.00	1.28	1.20	1.41	0.08	6.67	0.01	
8.00	1.23	1.21	1.41	0.02	1.65	0.00	
7.00	1.22	1.21	1.38	0.01	0.83	0.00	
6.00	1.22	1.21	1.29	0.01	0.83	0.00	
5.00	1.23	1.19	1.22	0.04	3.36	0.00	
4.00	1.23	1.15	1.16	0.08	6.96	0.01	
3.00	1.11	1.04	1.01	0.07	6.73	0.00	
2.00	0.88	0.81	0.78	0.07	8.64	0.00	
1.00	0.26	0.26	0.23	0.00	0.00	0.00	

5000.00	6000.00	INTERVALO DE QUEMADO (5000-6000)MWD/ST					
5000.00	B2	G13: QUEMADO 5000.0 MWD/ST - B2 -					
25.00	0.24	0.20	0.24	0.04	20.00	0.00	8.61
24.00	0.64	0.53	0.65	0.11	20.75	0.01	
23.00	0.87	0.71	0.88	0.16	22.54	0.03	
22.00	0.97	0.84	0.99	0.13	15.48	0.02	
21.00	1.02	0.94	1.05	0.08	8.51	0.01	
20.00	1.04	1.01	1.05	0.03	2.97	0.00	
19.00	1	1.06	1.01	-0.06	-5.66	0.00	
18.00	0.99	1.09	0.98	-0.10	-9.17	0.01	
17.00	0.99	1.12	0.98	-0.13	-11.61	0.02	
16.00	1.01	1.14	1	-0.13	-11.40	0.02	
15.00	1.04	1.15	1.02	-0.11	-9.57	0.01	
14.00	1.07	1.17	1.05	-0.10	-8.55	0.01	
13.00	1.11	1.18	1.08	-0.07	-5.93	0.00	
12.00	1.14	1.19	1.11	-0.05	-4.20	0.00	
11.00	1.17	1.19	1.14	-0.02	-1.68	0.00	
10.00	1.16	1.20	1.13	-0.04	-3.33	0.00	
9.00	1.2	1.20	1.16	0.00	0.00	0.00	
8.00	1.24	1.21	1.21	0.03	2.48	0.00	
7.00	1.3	1.21	1.26	0.09	7.44	0.01	
6.00	1.32	1.21	1.3	0.11	9.09	0.01	
5.00	1.29	1.19	1.29	0.10	8.40	0.01	
4.00	1.22	1.15	1.24	0.07	6.09	0.00	
3.00	1.01	1.04	1.09	-0.03	-2.88	0.00	
2.00	0.75	0.81	0.84	-0.06	-7.41	0.00	
1.00	0.21	0.26	0.24	-0.05	-19.23	0.00	

5000.00 6000.00 INTERVALO DE QUEMADO (5000-6000) MWD/ST

6000.00	B2	G14: QUEMADO 6000.0 MWD/ST -B2-					
25.00	0.23	0.20	0.24	0.03	15.00	0.00	8.95
24.00	0.64	0.53	0.66	0.11	20.75	0.01	
23.00	0.86	0.71	0.9	0.15	21.13	0.02	
22.00	0.98	0.84	1.02	0.14	16.67	0.02	
21.00	1.05	0.94	1.11	0.11	11.70	0.01	
20.00	1.08	1.01	1.13	0.07	6.93	0.00	
19.00	1.09	1.06	1.09	0.03	2.83	0.00	
18.00	1.05	1.09	1.05	-0.04	-3.67	0.00	
17.00	1.02	1.12	1.03	-0.10	-8.93	0.01	
16.00	1.02	1.14	1.03	-0.12	-10.53	0.01	
15.00	1.02	1.15	1.04	-0.13	-11.30	0.02	
14.00	1.04	1.17	1.06	-0.13	-11.11	0.02	
13.00	1.06	1.18	1.08	-0.12	-10.17	0.01	
12.00	1.09	1.19	1.12	-0.10	-8.40	0.01	
11.00	1.12	1.19	1.15	-0.07	-5.88	0.00	
10.00	1.14	1.20	1.17	-0.06	-5.00	0.00	
9.00	1.19	1.20	1.21	-0.01	-0.83	0.00	
8.00	1.24	1.21	1.26	0.03	2.48	0.00	
7.00	1.28	1.21	1.29	0.07	5.79	0.00	
6.00	1.31	1.21	1.28	0.10	8.26	0.01	
5.00	1.29	1.19	1.21	0.10	8.40	0.01	
4.00	1.2	1.15	1.09	0.05	4.35	0.00	
3.00	1.03	1.04	0.92	-0.01	-0.96	0.00	
2.00	0.75	0.81	0.68	-0.06	-7.41	0.00	
1.00	0.21	0.26	0.2	-0.05	-19.23	0.00	

6000.00 7000.00 INTERVALO DE QUEMADO (6000-7000)MWD/ST

6000.00	A1	G15: QUEMADO 6000.00 MWD/ST -A1-					
25.00	0.26	0.20	0.22	0.06	30.00	0.00	11.84
24.00	0.69	0.53	0.6	0.16	30.19	0.03	
23.00	0.94	0.71	0.81	0.23	32.39	0.05	
22.00	1.07	0.84	0.92	0.23	27.38	0.05	
21.00	1.16	0.94	1.02	0.22	23.40	0.05	
20.00	1.17	1.01	1.12	0.16	15.84	0.03	
19.00	1.12	1.06	1.22	0.06	5.66	0.00	
18.00	1.06	1.09	1.29	-0.03	-2.75	0.00	
17.00	1.02	1.12	1.34	-0.10	-8.93	0.01	
16.00	1.01	1.14	1.35	-0.13	-11.40	0.02	
15.00	1.01	1.15	1.3	-0.14	-12.17	0.02	
14.00	1.02	1.17	1.25	-0.15	-12.82	0.02	
13.00	1.04	1.18	1.21	-0.14	-11.86	0.02	
12.00	1.06	1.19	1.16	-0.13	-10.92	0.02	
11.00	1.08	1.19	1.11	-0.11	-9.24	0.01	
10.00	1.1	1.20	1.07	-0.10	-8.33	0.01	
9.00	1.14	1.20	1.06	-0.06	-5.00	0.00	
8.00	1.18	1.21	1.07	-0.03	-2.48	0.00	
7.00	1.22	1.21	1.07	0.01	0.83	0.00	
6.00	1.24	1.21	1.06	0.03	2.48	0.00	
5.00	1.23	1.19	1.03	0.04	3.36	0.00	
4.00	1.16	1.15	0.99	0.01	0.87	0.00	
3.00	1.02	1.04	0.86	-0.02	-1.92	0.00	
2.00	0.78	0.81	0.66	-0.03	-3.70	0.00	
1.00	0.23	0.26	0.2	-0.03	-11.54	0.00	

6000.00	7000.00	INTERVALO DE QUEMADO (6000-7000)MWD/ST					
7000	A1	G16: QUEMADO 7000.0 MWD/ST - A1 -					
25	0.27	0.20	0.23	0.07	35.00	0.00	17.94
24	0.72	0.53	0.61	0.19	35.85	0.04	
23	0.98	0.71	0.82	0.27	38.03	0.07	
22	1.15	0.84	0.95	0.31	36.90	0.10	
21	1.27	0.94	1.06	0.33	35.11	0.11	
20	1.34	1.01	1.15	0.33	32.67	0.11	
19	1.34	1.06	1.22	0.28	26.42	0.08	
18	1.24	1.09	1.27	0.15	13.76	0.02	
17	1.15	1.12	1.32	0.03	2.68	0.00	
16	1.11	1.14	1.34	-0.03	-2.63	0.00	
15	1.08	1.15	1.33	-0.07	-6.09	0.00	
14	1.06	1.17	1.32	-0.11	-9.40	0.01	
13	1.05	1.18	1.31	-0.13	-11.02	0.02	
12	1.06	1.19	1.27	-0.13	-10.92	0.02	
11	1.07	1.19	1.24	-0.12	-10.08	0.01	
10	1.08	1.20	1.21	-0.12	-10.00	0.01	
9	1.1	1.20	1.15	-0.10	-8.33	0.01	
8	1.11	1.21	1.1	-0.10	-8.26	0.01	
7	1.1	1.21	1.04	-0.11	-9.09	0.01	
6	1.07	1.21	0.97	-0.14	-11.57	0.02	
5	1.02	1.19	0.9	-0.17	-14.29	0.03	
4	0.95	1.15	0.82	-0.20	-17.39	0.04	
3	0.84	1.04	0.7	-0.20	-19.23	0.04	
2	0.64	0.81	0.52	-0.17	-20.99	0.03	
1	0.19	0.26	0.16	-0.07	-26.92	0.00	

7000.00	8000.00	INTERVALO DE QUEMADO (7000-8000)MWD/ST					
7000	B1	G17: QUEMADO 7000.00 MWD/ST -B1-					
25	0.26	0.20		0.06	30.00	0.00	13.83
24	0.7	0.53		0.17	32.08	0.03	
23	0.94	0.71		0.23	32.39	0.05	
22	1.1	0.84		0.26	30.95	0.07	
21	1.21	0.94		0.27	28.72	0.07	
20	1.26	1.01		0.25	24.75	0.06	
19	1.24	1.06		0.18	16.98	0.03	
18	1.18	1.09		0.09	8.26	0.01	
17	1.12	1.12		0.00	0.00	0.00	
16	1.08	1.14		-0.06	-5.26	0.00	
15	1.06	1.15		-0.09	-7.83	0.01	
14	1.05	1.17		-0.12	-10.26	0.01	
13	1.06	1.18		-0.12	-10.17	0.01	
12	1.07	1.19		-0.12	-10.08	0.01	
11	1.09	1.19		-0.10	-8.40	0.01	
10	1.1	1.20		-0.10	-8.33	0.01	
9	1.13	1.20		-0.07	-5.83	0.00	
8	1.14	1.21		-0.07	-5.79	0.00	
7	1.14	1.21		-0.07	-5.79	0.00	
6	1.13	1.21		-0.08	-6.61	0.01	
5	1.09	1.19		-0.10	-8.40	0.01	
4	1.03	1.15		-0.12	-10.43	0.01	
3	0.92	1.04		-0.12	-11.54	0.01	
2	0.7	0.81		-0.11	-13.58	0.01	
1	0.21	0.26		-0.05	-19.23	0.00	

7000	8000	INTERVALO DE QUEMADO (7000-8000) MWD/ST				
8000	B1	G18: QUEMADO 8000.00 MWD/ST -B1-				
25	0.22	0.20	0.02	10.00	0.00	10.37
24	0.6	0.53	0.07	13.21	0.00	
23	0.81	0.71	0.10	14.08	0.01	
22	0.96	0.84	0.12	14.29	0.01	
21	1.08	0.94	0.14	14.89	0.02	
20	1.16	1.01	0.15	14.85	0.02	
19	1.21	1.06	0.15	14.15	0.02	
18	1.24	1.09	0.15	13.76	0.02	
17	1.25	1.12	0.13	11.61	0.02	
16	1.21	1.14	0.07	6.14	0.00	
15	1.17	1.15	0.02	1.74	0.00	
14	1.15	1.17	-0.02	-1.71	0.00	
13	1.14	1.18	-0.04	-3.39	0.00	
12	1.14	1.19	-0.05	-4.20	0.00	
11	1.15	1.19	-0.04	-3.36	0.00	
10	1.17	1.20	-0.03	-2.50	0.00	
9	1.17	1.20	-0.03	-2.50	0.00	
8	1.17	1.21	-0.04	-3.31	0.00	
7	1.14	1.21	0.00	-5.79	0.00	
6	1.09	1.21	-0.12	-9.92	0.01	
5	1.04	1.19	-0.15	-12.61	0.02	
4	0.97	1.15	-0.18	-15.65	0.03	
3	0.87	1.04	-0.17	-16.35	0.03	
2	0.67	0.81	-0.14	-17.28	0.02	
1	0.21	0.26	-0.05	-19.23	0.00	

8000	9000	INTERVALO DE QUEMADO (8000-9000) MWD/ST				
8000	A2	G19: QUEMADO 8000.00 MWD/ST -A2-				
25	0.18	0.20	-0.02	-10.00	0.00	9.32
24	0.48	0.53	-0.05	-9.43	0.00	
23	0.65	0.71	-0.06	-8.45	0.00	
22	0.77	0.84	-0.07	-8.33	0.00	
21	0.85	0.94	-0.09	-9.57	0.01	
20	0.9	1.01	-0.11	-10.89	0.01	
19	0.94	1.06	-0.12	-11.32	0.01	
18	0.98	1.09	-0.11	-10.09	0.01	
17	1.03	1.12	-0.09	-8.04	0.01	
16	1.08	1.14	-0.06	-5.26	0.00	
15	1.12	1.15	-0.03	-2.61	0.00	
14	1.16	1.17	-0.01	-0.85	0.00	
13	1.19	1.18	0.01	0.85	0.00	
12	1.23	1.19	0.04	3.36	0.00	
11	1.28	1.19	0.09	7.56	0.01	
10	1.32	1.20	0.12	10.00	0.01	
9	1.36	1.20	0.16	13.33	0.03	
8	1.38	1.21	0.17	14.05	0.03	
7	1.38	1.21	0.17	14.05	0.03	
6	1.34	1.21	0.13	10.74	0.02	
5	1.28	1.19	0.09	7.56	0.01	
4	1.17	1.15	0.02	1.74	0.00	
3	0.98	1.04	-0.06	-5.77	0.00	
2	0.72	0.81	-0.09	-11.11	0.01	
1	0.22	0.26	-0.04	-15.38	0.00	

8000	9000	INTERVALO DE QUEMADO (8000-9000) MWD/ST				
9000	A2	G20: QUEMADO 9000.0 MWD/ST -A2-				
25	0.19	0.20	-0.01	-5.00	0.00	5.85
24	0.49	0.53	-0.04	-7.55	0.00	
23	0.67	0.71	-0.04	-5.63	0.00	
22	0.8	0.84	-0.04	-4.76	0.00	
21	0.9	0.94	-0.04	-4.26	0.00	
20	1	1.01	-0.01	-0.99	0.00	
19	1.08	1.06	0.02	1.89	0.00	
18	1.15	1.09	0.06	5.50	0.00	
17	1.2	1.12	0.08	7.14	0.01	
16	1.21	1.14	0.07	6.14	0.00	
15	1.22	1.15	0.07	6.09	0.00	
14	1.23	1.17	0.06	5.13	0.00	
13	1.23	1.18	0.05	4.24	0.00	
12	1.24	1.19	0.05	4.20	0.00	
11	1.25	1.19	0.06	5.04	0.00	
10	1.26	1.20	0.06	5.00	0.00	
9	1.25	1.20	0.05	4.17	0.00	
8	1.23	1.21	0.02	1.65	0.00	
7	1.2	1.21	-0.01	-0.83	0.00	
6	1.15	1.21	-0.06	-4.96	0.00	
5	1.09	1.19	-0.10	-8.40	0.01	
4	1.03	1.15	-0.12	-10.43	0.01	
3	0.95	1.04	-0.09	-8.65	0.01	
2	0.75	0.81	-0.06	-7.41	0.00	
1	0.24	0.26	-0.02	-7.69	0.00	

9000	9145	INTERVALO DE QUEMADO (9000-9145) MWD/ST				
9000	B2	G21: QUEMADO 9000.0 MWD/ST -B2-				
25	0.19	0.20	-0.01	-5.00	0.00	6.41
24	0.5	0.53	-0.03	-5.66	0.00	
23	0.67	0.71	-0.04	-5.63	0.00	
22	0.8	0.84	-0.04	-4.76	0.00	
21	0.91	0.94	-0.03	-3.19	0.00	
20	1.01	1.01	0.00	0.00	0.00	
19	1.09	1.06	0.03	2.83	0.00	
18	1.16	1.09	0.07	6.42	0.00	
17	1.2	1.12	0.08	7.14	0.01	
16	1.22	1.14	0.08	7.02	0.01	
15	1.22	1.15	0.07	6.09	0.00	
14	1.23	1.17	0.06	5.13	0.00	
13	1.24	1.18	0.06	5.08	0.00	
12	1.24	1.19	0.05	4.20	0.00	
11	1.25	1.19	0.06	5.04	0.00	
10	1.26	1.20	0.06	5.00	0.00	
9	1.25	1.20	0.05	4.17	0.00	
8	1.23	1.21	0.02	1.65	0.00	
7	1.19	1.21	-0.02	-1.65	0.00	
6	1.14	1.21	-0.07	-5.79	0.00	
5	1.08	1.19	-0.11	-9.24	0.01	
4	1.01	1.15	-0.14	-12.17	0.02	
3	0.93	1.04	-0.11	-10.58	0.01	
2	0.74	0.81	-0.07	-8.64	0.00	
1	0.24	0.26	-0.02	-7.69	0.00	

9000	9145	INTERVALO DE QUEMADO (9000-9145) MWD/ST				
9145	B2	G22: QUEMADO 9145 MWD/ST -B2-				
25	0.16	0.20	-0.04	340.00	0.00	8.60
24	0.43	0.53	-0.10	83.02	0.01	
23	0.53	0.71	-0.13	47.89	0.02	
22	0.7	0.84	-0.14	33.33	0.02	
21	0.79	0.94	-0.15	24.47	0.02	
20	0.88	1.01	-0.13	20.79	0.02	
19	0.97	1.06	-0.09	17.92	0.01	
18	1.05	1.09	-0.04	16.51	0.00	
17	1.12	1.12	0.00	15.18	0.00	
16	1.17	1.14	0.03	14.91	0.00	
15	1.22	1.15	0.07	14.78	0.00	
14	1.25	1.17	0.08	12.82	0.01	
13	1.27	1.18	0.09	10.17	0.01	
12	1.29	1.19	0.10	6.72	0.01	
11	1.31	1.19	0.12	2.52	0.01	
10	1.32	1.20	0.12	-2.50	0.01	
9	1.32	1.20	0.12	-7.50	0.01	
8	1.3	1.21	0.09	-15.70	0.01	
7	1.27	1.21	0.06	-32.23	0.00	
6	1.22	1.21	0.01	-77.69	0.00	
5	1.17	1.19	-0.02	-100.00	0.00	
4	1.11	1.15	-0.04	-100.00	0.00	
3	1.02	1.04	-0.02	-100.00	0.00	
2	0.82	0.81	0.01	-100.00	0.00	
1	0.27	0.26	0.01	-100.00	0.00	

DONDE:

$$SD(\%) = \left(\frac{\sum_{i=1}^{25} (PR-GE)_i^2}{25} \right)^{1/2} * 100$$

GE General Electric

DENSIDAD DE BARRA DE CONTROL. DATOS PRESTO.

EXP. MWD/ST	DBC PROFUNDA	DBC P. PROFUNDA	PROMEDIO
0	0.070336	0.094801	0.082568
200	0.062117	0.077599	0.069858
1000	0.075688	0.092507	0.084097
2000	0.090978	0.101681	0.096330
3000	0.105122	0.111238	0.108180
4000	0.110282	0.122515	0.116399
5000	0.113532	0.134174	0.123853
6000	0.116590	0.125764	0.121177
7000	0.110856	0.110856	0.110856
8000	0.068042	0.074923	0.071483
9000	0.024464	0.024464	0.024464
9145	0	0	0

DENSIDAD DE BARRA DE CONTROL. DATOS GENERAL ELECTRIC.

EXP. MWD/ST	DBC PROFUNDA	DBC P. PROFUNDA	PROMEDIO
0	0.071865	0.094801	0.083333
200	0.061926	0.084862	0.073394
1000	0.071483	0.087538	0.079510
2000	0.087920	0.097859	0.092889
3000	0.107033	0.113149	0.110091
4000	0.113149	0.130733	0.121941
5000	0.114296	0.135703	0.125
6000	0.116207	0.129969	0.123088